

IMAGE PICKUP DEVICE

Publication number: JP2138673

Publication date: 1990-05-28

Inventor: TOMONO AKIRA (JP); IIDA MUNEO (JP)

Applicant: ATR TSUSHIN SYST KENKYUSHO (JP)

Classification:

- international: **A61B3/113; G06T1/00; G06T7/60; A61B3/113; G06T1/00; G06T7/60;** (IPC1-7): G06F15/62; G06F15/64; G06F15/70

- european:

Application number: JP19890181387 19890713

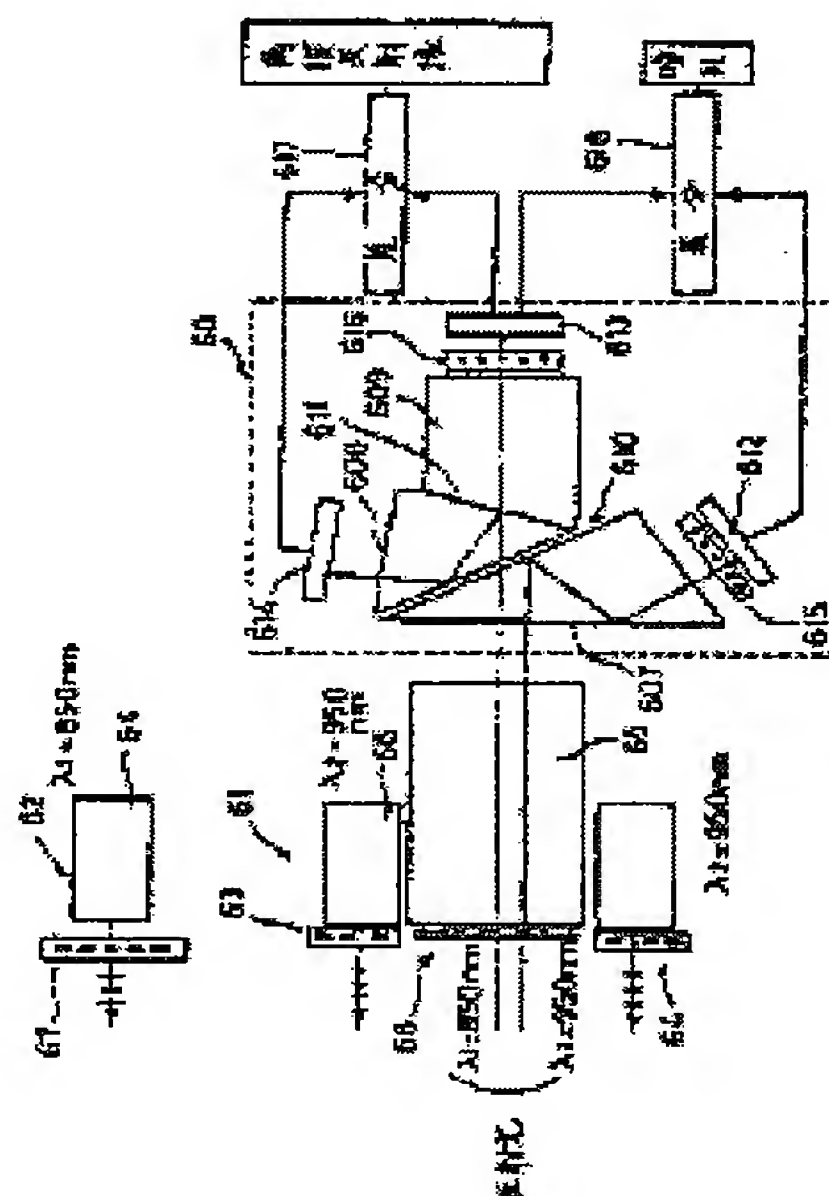
Priority number(s): JP19890181387 19890713; JP19880175899 19880714; JP19880193898 19880803; JP19880193899 19880803

[Report a data error here](#)

Abstract of JP2138673

PURPOSE:To effectively perform the picture processes such as the binarization, the extraction of feature points, etc., by separating the right reflection component from the diffused reflection component for the light reflected from an image pickup subject.

CONSTITUTION:An image pickup subject is irradiated by the polarized light beams via the illumination means 61 and 62, and the light reflected from the subject forms an image through an optical system. The polarizing elements 67 and 63 cut the right reflection component and extract the diffused reflection component out of those reflected beams. Then the diffused reflection component is detected by an image detecting means 613. Thus it is possible to effectively extract the feature points which are needed when the movements of a person and the movements of his/her gaze are detected via a picture process. In addition, no visual sense is needed for a user together with the reduced heating value and the reduced sense of oppression due to a small size of an image pickup device. Thus the user is free from the physical and mental disorder.



(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 6 T 1/00				
A 6 1 B 3/113				
G 0 6 T 7/60				
		9061－5L	G 0 6 F 15/ 62 3 8 0 15/ 70 3 5 0 Z	
			請求項の数 2 (全 19 頁) 最終頁に続く	
(21)出願番号	特願平1－181387		(71)出願人	999999999 株式会社エイ・ティ・アール通信システム 研究所 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5 番地
(22)出願日	平成1年(1989)7月13日		(72)発明者	伴野 明 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5 番地 株式会社エイ・ティ・アール通信シ ステム研究所内
(65)公開番号	特開平2－138673		(72)発明者	飯田 宗夫 京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5 番地 株式会社エイ・ティ・アール通信シ ステム研究所内
(43)公開日	平成2年(1990)5月28日		(74)代理人	弁理士 深見 久郎 (外2名)
(31)優先権主張番号	特願昭63－175899		審査官 広岡 浩平	
(32)優先日	昭63(1988)7月14日		最終頁に続く	
(33)優先権主張国	日本（J P）			
(31)優先権主張番号	特願昭63－193898			
(32)優先日	昭63(1988)8月3日			
(33)優先権主張国	日本（J P）			
(31)優先権主張番号	特願昭63－193899			
(32)優先日	昭63(1988)8月3日			
(33)優先権主張国	日本（J P）			

(54)【発明の名称】 瞳孔画像撮影装置

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 瞳孔画像を撮影するための瞳孔画像撮影装置であって、

撮影レンズの有効径の外側に設けられ、眼の方向を照射する第1の光源、

前記第1の光源の反射光を、前記撮影レンズを介して結像し、第1の画像信号を出力する第1の撮影手段、

前記撮影レンズの光軸付近に設けられ、眼の方向を照射する第2の光源、

前記第2の光源の反射光を、前記撮影レンズを介して結像し、第2の画像信号を出力する第2の撮影手段、および

前記第1および第2の撮影手段出力の画像信号の差分信号を第3の画像信号として出力する処理手段を備え、

前記第2の光源は、該光源と撮影対象である眼球を結ぶ

2

線分と、前記撮影レンズの中心と前記眼球を結ぶ線分とのなす角を θ_{th2} としたとき、 $\theta_{th2} \leq 5^\circ$ の角度となるように設置され、

前記第1の光源は、該光源と撮影対象である眼球を結ぶ線分と、前記撮影レンズの中心と前記眼球を結ぶ線分とのなす角を θ_{th1} としたとき、 $\theta_{th1} \geq \theta_{th2} + 1^\circ$ の角度となるように設置され、

前記第1および第2の撮影手段は、前記第1および第2の光源からの反射光に基づく画像を交互に間欠的に撮影することを特徴とする、瞳孔画像撮影装置。

【請求項2】 瞳孔画像を撮影するための瞳孔画像撮影装置であって、

撮影レンズの有効径の外側に設けられ、眼の方向を照射する第1の光源、

前記第1の光源の反射光を、前記撮影レンズを介して結

像し、第 1 の映像信号を出力する第 1 の撮影手段、
前記撮影レンズの光軸付近に設けられ、眼の方向を照射
する第 2 の光源、
前記第 2 の光源の反射光を、前記撮影レンズを介して結
像し、第 2 の画像信号を出力する第 2 の撮影手段、およ
び
前記第 1 および第 2 の撮影手段出力の画像信号の差分信
号を第 3 の画像信号として出力する処理手段を備え、
さらに、前記撮影レンズに入射された前記第 1 の光源か
らの反射光に基づく画像と、前記第 2 の光源からの反射
光に基づく画像とをそれぞれ分離して、前記第 1 およ
び第 2 の撮影手段に個別的に与えるためのプリズム光学系
を含み、
前記第 1 および第 2 の光学系は、それぞれの発光波長が
前記プリズム光学系で分離可能な程度に異なる発光ダイ
オードによって構成されることを特徴とする、瞳孔画像
撮影装置。

【発明の詳細な説明】

〔産業上の利用分野〕

この発明は瞳孔画像撮影装置に関し、特に、眼球特徴点
である瞳孔を少ない光量の照明で安定に抽出するような
瞳孔画像撮影装置に関する。

〔従来技術〕

近年、コンピュータはその進歩により複雑かつ豊富な機
能を実現できるようになり、適用範囲が増々拡がりつつ
ある。一方、その利用者も専門家から非専門家に範囲を
拡げつつある。ここに、より複雑化するシステムをより
簡単に使用できるようにするヒューマンインタフェース
の技術が重要になる。人間同士のコミュニケーションで
は言葉だけでなく表情や仕草から相手の意思を推測する
ことによって円滑な対話が行なわれており、特に眼の動
きは意思疎通の重要な役割を果たしている。

すなわち、視点の動きには人の意図が大きく反映される
と考えられる。コンピュータや通信システムインタフェ
ースでは利用者は何らかの表示装置に長い時間向かい合
うことになるため、表示装置の図面上の視点の動きを常
時検出できれば、利用者の意図を抽出する大きな手掛け
になると考えられる。端的には利用者がどこを見ている
のか、その先には、何に関心があるのか、迷いは何かな
どである。

そこで、本願発明者らは、利用者の操作意図を汲取り、
柔軟な応答を返すインタフェース機能を実現すること、
さらに知的通信の分野において、受信者の視線の動きか
ら受信者の関心のある視対象を抽出し、送信側にフィー
ドバックすることにより、臨場感のある受手主体の画像
通信を実現することなどを狙いとして、視線の効率的な
検出方法の重要性を指摘してきた。

上述のような視線を検出する装置として、従来よりアイ
カメラが知られている。しかしながら、アイカメラは、
眼鏡を装着しなければならず、利用者が相対しているデ

ィスプレイの座標系で視点を求めるためには頭部を固定
する必要があるなどの制約があるため、視線をインタフ
ェースや画像通信に利用する目的には必ずしも向いてい
ない。すなわち、人に特別な物を装着させることなく、
非接触で視線を検出するためには、画像処理によって検
出する方法の方が有利である。

第23図は非接触視線検出装置の構造として考えられる一
例を示す図である。第23図を参照して、ディスプレイ 1
の両側にはカメラ 2,3 と照明装置 4,5 とが設けられてい
る。このような非接触視線検出装置において、第 1 の課
題は照明装置 4,5 で照明された利用者の画像をカメラ 2,3
により撮影し、撮影された画像から視線検出に必要な複
数の特徴点を抽出することにある。第 2 の課題は、それ
らの特徴点の空間位置を高速、高精度で計測すること
である。第 3 の課題は、特徴点の位置から視線の方向およ
びディスプレイ上の注視点位置を求めることである。

人物の動き、特に視線の動きは高速なため、これに追従
して動きを正確に検出するためには、まず明瞭な画像を
撮影し、簡単な画像処理で特徴点を抽出できるようにす
る必要がある。しかし、実際の室内では、利用者に対し
てディスプレイからの光の放射があり、さらに蛍光灯な
ど外部照明の影響もあるので利用者の照明条件が変化す
る。したがって、常に安定な画像が得られるとは限らな
い。入力画像の質が悪ければ、雑音除去などに時間がか
かり、高速化が不可能である。

これを解決するための手段として、撮影対象である人物
に照明を当てる方法が考えられるが、この方法には以下
の問題点がある。すなわち、1 つの問題は自然なインタ
フェース環境を得るのが困難である。すなわち、照明装
置としては、従来、白熱ランプ、キセノンランプ、ハロ
ゲンランプなどがよく知られているが、これらは波長域
が広く可視域を中心に分布するため、この光で利用者を
前方から照射する方法は、自然なインタフェースの点か
ら適さない。

第 2 の問題点は装置の大型化および発熱化の問題であ
る。すなわち、インタフェースに使用する状況を考慮
し、従来の照明装置の照明条件を改善しようとするば、
照明源の先にバンドパスフィルタや偏光板などの光学部
品を取付ける必要がある。たとえば、人に知覚されない
近赤外の照明を利用し、この反射光を捕える場合を考え
ると、可視光を遮断する必要がある。しかし、上述の従
来から知られた照明装置は発光の効率が悪く、発熱量が
大きいために周囲の温度が上昇してしまう。このため、
光源と光学素子を一体化するなどして小型にすることが
できず、したがって、照明装置は大型のものを使用せざ
るを得ない。

次に、照明は使用方法によっては、明瞭な画像が得ら
れ、特徴点抽出に効果があるが、反面、目的に合った使
用方法をとらなければ雑音源になり、逆効果となる。人
物または眼球の特徴点を抽出する場合を例にとって詳し

く説明する。

第24図は従来の照明装置と撮影装置を用いて人物の顔に合った青色のマークを特徴点としてこれを抽出する実験を行なった例を示す図であり、第25A図および第25B図は第24図に示した実験によって顔の特徴点を抽出した例を示す図である。

人物の顔には第25A図に示すように、4箇所青色のマーク6が貼られている。第24図に示した照明装置8から撮影対象10に参照光9を照射し、その反射光をカメラ13で捕えて撮影した画像から青色成分を抽出し、2値化処理した結果が第25B図に示す画像である。第25B図から明らかのように、青色マーク6の他に雑音成分7が捉えられており、問題のあることがわかる。この原因は以下のように考えられる。すなわち、撮影対象10に参照光9を照射したとき、反射する光は大きく2種類の成分に分けられる。一方は、撮影対象10の表面で拡散反射する光11であり、反射する材質の光学的性質を反映している。したがって、視線検出などに必要な特徴点のうち、後述の角膜反射像を除いて、顔の要素（口、まつ毛、眼もと、目尻、鼻など）および瞳孔などの特徴点抽出において有益な成分である。他方は、撮影対象10の表面で正反射する成分12であり、光源の光学的性質をそのまま反映している。すなわち、撮影対象10の性質を反映していない成分であるため雑音となりやすい。後者は撮影対象10のなめらかな部分に多く含まれる。具体的には、撮影対象が人物の場合、顔に付いた汗の部分、眼鏡の縁、眼鏡レンズ、人物の周囲にあるプラスチックやガラスなどの構造物がこれに当たる。第25B図に示した例では、雑音7は汗の箇所である。

第25A図および第25B図に示した例では、顔に貼った青色のマークを抽出する場合を述べたが、他の色のマークを用い、この色成分を抽出する場合も同様である。また、マークを用いることなく、自然画像から目、鼻、口、まつ毛などの各部分を抽出する場合でも、正反射成分12は雑音となることが多い。さらにマークを用いないで人物の顔の形状を検出する他の例として、モアレ法、光切断法に代表されるように、予め制御された形状パターンを撮影対象に照射し、この反射像から2値化像（反射パターン）を抽出し、この反射パターンの形を特徴として、撮影対象の3次元形状を計測するいわゆるアクティブステレオビジョンがあるが、この方法においても、撮影対象が正反射しやすい場合には、この正反射によって作られる像が雑音となり、撮影対象の特徴である反射パターンの抽出に支障のあることが多い。

次に、従来の照明装置の配置と瞳孔特徴点抽出効率に関する問題点について説明する。利用者には何も装着せずに利用者の視線を非接触で検出するには、後述するように複数の特徴点を画像処理により抽出する必要がある。瞳孔は虹彩の開口部である。瞳孔は大きさが適当で、瞼の影響を受けにくく、視線への変換にも便利であるた

め、適当な抽出法があれば、適用性の広い特徴点といえる。しかし、瞳孔は一般に黒く観察されるため、虹彩が黒褐色の場合、これを区別して瞳孔だけを抽出する必要がある。

瞳孔の抽出はアイカメラなどでも例があり、いくつかの方法が知られており、たとえばUSP4,102,564、USP4,145,122、USP3,689,135、USP4,075,657、USP4,755,045、USP4,303,394、USP4,651,145、USP4,702,575などに記載されている。ある種のアイカメラでは、眼鏡に光源を組み込んで眼球に光を照射し、この反射光を撮影し、瞳孔と虹彩の反射光の強度を測定する方法を用いている。アイカメラのように装置を頭に装着して使用する場合は、照明装置と撮影装置の距離が近く、かつ頭部の動きに連動するため、照明装置は眼球だけを照明すればよく、また撮影装置は眼球だけを撮影すればよい。つまり、雑音の影響を受けにくく、したがって瞳孔と虹彩の反射光の強度差のみでも瞳孔の抽出が可能である。

しかし、インタフェースの利用を考えた視線検出では、上述のように非接触である必要から、撮影範囲は眼球部分だけではなく、頭の動きを許容する広い範囲が望まれる。たとえば、顔全体を撮影した画像から、瞳孔を抽出する必要がある。このような場合、前述の方法では、瞳孔部分は背景雑音から分離することは困難である。

第26図は瞳孔の他の抽出法として、瞳孔から光を入射し、網膜で反射する光を捉える方法を示す図である。第26図を参照して、カメラ20の撮影レンズ21の光軸22上にハーフミラー23が設けられ、このハーフミラー23を用いて光軸を合わせるように従来の照明装置24が配置される。なお、1つの光源を用いた照明装置で瞳孔内の反射強度分布が均一であるように、つまり、強度分布の偏りが少ないような瞳孔画像を得るためには、このようなハーフミラー23を用いるのは不可欠である。

照明装置24の前方には可視遮断フィルタ25が配置され、この可視遮断フィルタ25によって照明装置24からの光のうち可視波長成分が遮断され、ハーフミラー23でレンズ21の光軸22に一致され、人物26に照射される。この光は人物26の瞳孔から入り、網膜で反射し、再びハーフミラー23を通過してカメラ20によって捉えられる。したがって、瞳孔が虹彩に対して明るく撮影される。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、第26図に示した方法では、以下のような問題がある。すなわち、ハーフミラー23を用いているため装置が大型になる。撮影範囲が眼球周辺でなく、たとえば顔全体というように広がる場合、この方法でも同様に雑音の影響が大きくなり、安定な瞳孔抽出が困難となる。雑音の影響を少なくするためには、照明を強くすることも考えられるが、可視遮断フィルタ25によって光量が落ち、ハーフミラー23でさらに1/2に減少されて照射され、反射光がハーフミラー23でさらに1/2に減少するため、照明装置24の光がカメラ20で捉えられる間の損失

が大きく、効率が悪い。照明を強くすれば、消費電力が大きくなり、発熱量も大きくなってしまう。この影響を少なくするためには、各部品を離して実装する工夫も必要であり、装置がさらに大型化する。また、照明を強くすることは利用者の眼に生理的負担を与えてしまい望ましくない。したがって、この方法も視線検出用カメラをディスプレイの横に取付けてインタフェースへ利用するような目的には適さない。

角膜反射像は眼球に光を照射したとき、角膜の凸面で正反射した光が作る虚像であり、視線の動きにほぼ比例して眼球と同じ方向に動くため、視線検出に有効な特徴点である。抽出の問題点は、背景雑音からの分離である。第27図は角膜反射像をカメラで撮影する装置の一例を示す図である。第27図を参照して、参照光源31からの光が利用者30の目に照射されると、視線検出に必要な角膜反射像がカメラ32によって撮影される。しかし、利用者30の目には参照光源31からの光だけでなく、利用者が相対しているディスプレイ33の表示面からの光や蛍光灯などの外部照明34からの光も光源となり、これらの光が角膜で反射して虚像を作る。したがって、カメラで捉えた画像において、眼球の中には、いくつもの角膜反射像が発生し、それが雑音となるため、参照光源31からの光による角膜反射像の抽出を困難にする。

人物や眼球など、動きのある対象を撮影する場合、ぶれのない画像を得るためには、撮影時間は短い方がよい。このために、最近では電子シャッター付カメラが実用化されている。撮影時間が短いこのようなカメラでは、強い照明が必要とされる。しかし、インタフェースにおいて、人物の照明に従来の照明装置を用いることを考えると、熱や強い光で長い時間照射されるため、眼球や生体に与える影響が問題となる。

一方、特徴点の空間位置の計測については、ステレオ画像計測法が知られているが、従来特徴点の抽出が上述のごとく困難であったため、インタフェースへの使用をふまえて顔や眼球の特徴点の空間位置をリアルタイムで計測した検討例はない。

画像処理による視線検出について、従来、いくつかの方法が提案されている。しかし、いずれも特徴点の効率的な抽出が困難なこと、空間位置の高速な検出が困難なことなどの理由から、視線検出に多くの条件を設けており、適用範囲が限定される場合が多い。構成としては、1台の白黒カメラを用いる方式が多い。その一例について以下に説明する。

第28図は撮影された画像上で、白眼の中の黒眼の位置を検出し、視線に変換する方法を説明するための図である。第28図を参照して、人物の顔がカメラ41によって撮影され、撮影された顔画像から眼の部分42が抽出され、目の中の黒眼43と白眼44の領域が分離される。次に、白眼44の領域の長さ a と、白眼44の端から黒眼43の中心までの長さ x が求められる。視線の方向は近似的に x/a に

比例するとして求められる。白眼44、黒眼43の領域の抽出処理は高速化が難しいため、リアルタイム検出は実現されていない。この方法では、顔の位置と方向を何らかの方法で求めない限り、自由度は眼球の回転運動だけに制限される。さらに、眼球の回転運動についても、目の大きさは表情によって変化するため、高い検出精度は得られない。特に、上下の眼の動きについては、黒眼43の領域が瞼の影響で変化するため、検出が困難である。

第29図は瞳孔と角膜反射像を特徴点として用い、1台のカメラで検出する方法を説明するための図である。第7図を参照して、参照光源51の位置はカメラ50の座標系に対して既知とする。参照光源51からの参照光によって生じる角膜反射像53の空間位置および瞳孔54の空間位置は眼球52の回転中心の位置と、眼球の上下、左右の回転角 α 、 β によりそれぞれ独立に決まる。したがって、角膜反射像の位置と、瞳孔54の位置と、眼球52の構造パラメータである眼球の半径 a と、角膜の曲率半径 c と、眼球中心と角膜曲率中心との間の距離 b とがわかれば、眼球52の回転中心と眼球52の回転角が決まり、したがって視線が求められる。角膜反射像53と瞳孔54の位置は、カメラ50から眼球52までの距離がほぼ一定とする条件を設ければ、1枚の投影画像から求めることができる。このようにして、眼球52の左右の回転角 α および上下の回転角 β に対して視線を求めることができるが、上述の制約条件から顔が z 軸方向に動くとき精度が悪くなるという欠点がある。

また、上述の第28図および第29図に示した例はカメラが1台であるため、注視点を求める難しさもある。上述のいずれかの方法をインタフェースに利用する場合、ディスプレイのどこを見ているかを知ることが必要であり、したがってディスプレイ座標系で注視点を求める必要がある。ディスプレイ座標系で利用者がどこを見ているかを知るためには、ディスプレイ表示面の予め定められた点を利用者に見てもらい、そのデータをもとに校正する必要がある。しかし、カメラが1台の場合、この校正パラメータが多くなるため、校正の方法が複雑になり、精度が悪くなってしまふ。

それゆえに、この発明の主たる目的は、瞳孔を明るく撮影したり、暗く撮影したりして瞳孔を効率よく抽出できるような瞳孔画像撮影装置を提供することである。

〔課題を解決するための手段〕

請求項1に係る発明は、瞳孔画像を撮影するための瞳孔画像撮影装置であって、撮影レンズの有効径の外側に設けられ、眼の方向を照射する第1の光源と、第1の光源の反射光を撮影レンズを介して結像し、第1の画像信号を出力する第1の撮影手段と、撮影レンズの光軸付近に設けられ、眼の方向を照射する第2の光源と、第2の光源の反射光を撮影レンズを介して結像し、第2の画像信号を出力する第2の撮影手段と、第1および第2の撮影手段出力の画像信号の差分信号を第3の画像信号として

出力する処理手段とを備え、第2の光源はその光源と撮影対象である眼球を結ぶ線分と、撮影レンズの中心と眼球を結ぶ線分とのなす角を θ_{th2} としたとき、 $\theta_{th2} \leq 5^\circ$ の角度となるように設置され、第1の光源はその光源と撮影対象である眼球を結ぶ線分と、撮影レンズの中心と眼球を結ぶ線分とのなす角を θ_{th1} としたとき、 $\theta_{th1} \geq \theta_{th2} + 1^\circ$ の角度となるように設置され、第1および第2の撮影手段は、第1および第2の光源からの反射光に基づく画像を交互に間欠的に撮影するように構成される。

請求項2に係る発明は、瞳孔画像を撮影するための瞳孔画像撮影装置であって、撮影レンズの有効径の外側に設けられ、眼の方向を照射する第1の光源と、第1の光源の反射光を撮影レンズを介して結像し、第1の映像信号を出力する第1の撮影手段と、撮影レンズの光軸付近に設けられ、眼の方向を照射する第2の光源と、第2の光源の反射光を撮影レンズを介して結像し、第2の映像信号を出力する第2の撮影手段と、第1および第2の撮影手段出力の映像信号の差分信号を第3の映像信号として出力する処理手段を備え、さらに撮影レンズに入射された第1の光源からの反射光に基づく画像と第2の光源からの反射光に基づく画像とをそれぞれ分離して、第1および第2の撮影手段に個別的に与えるためのプリズム光学系を含み、第1および第2の光学系は、それぞれの発光波長がプリズム光学系で分離可能な程度に異なる発光ダイオードによって構成したものである。

〔作用〕

請求項1に係る発明では、撮影レンズの有効径の外側に設けられた第1の光源から撮影レンズの中心に対して $\theta_{th1} \geq \theta_{th2} + 1^\circ$ の角度で眼の方向を照射するとともに、撮影レンズの光軸付近に設けられた第2の光源から撮影レンズの中心に対して $\theta_{th2} \leq 5^\circ$ の角度で眼の方向を照射し、撮影レンズを介して第1および第2の光源の反射光を第1および第2の撮影手段によって間欠的に結像し、それぞれから出力される映像信号の差分を求めて出力する。

請求項2に係る発明では、撮影レンズの有効径の外側に設けられた第1の光源から眼の方向を照射するとともに、撮影レンズの光軸付近に設けられた第2の光源から眼の方向を照射し、第1および第2の光源からの反射光に基づく画像をプリズム光学系によって分離して第1および第2の撮影手段に個別的に与え、第1および第2の撮影手段から出力される映像信号の差分を求めて出力する。

〔発明の実施例〕

第1図はこの発明の概念を説明するための図であり、第2図は視線検出に必要な特徴点の種類とその性質を示す図である。

まず、第1図および第2図を参照して、この発明の概念について説明する。カメラ60によって顔画像が撮影さ

れ、カメラ60の出力である画像信号から頭部を反映する特徴点と眼の特徴点とが抽出される。頭部を反映する特徴点は、第2図に示すように、目尻、目頭、唇などがそれぞれ色の差によって検出が可能である。目の特徴点は角膜反射像と黒眼と瞳孔であり、角膜反射像は角膜の凸面で正反射した光が作る虚像であり、視線の動きにほぼ比例して眼球と同じ方向に動くという性質がある。黒眼は虹彩と強膜の反射強度差により観測され、参照光を用いなくとも室内の照明で抽出できるという性質がある。

10 瞳孔は虹彩とこの開口部における網膜からの反射光の強度差により観測され、瞼の影響を受けにくいという性質がある。

抽出された頭部を反映する特徴点から頭部の位置と方向が検出され、その結果は眼球中心位置に変換される。一方、抽出された眼の特徴点から瞳孔または黒眼の中心が検出され、その結果と変換された眼球中心位置とに応答して、視線の方向が検出される。

さらに、頭部のモデル化が行なわれる。このモデル化は、顔上の皮膚の動きの少ない少なくとも3つの顔の特徴点によって行なわれ、各顔の特徴点の位置から頭部の位置と方向が検出される。

また、頭部のモデル化は、顔上の少なくとも4つ以上の顔の特徴点の位置から頭部骨格に対して動きの少ない少なくとも3つの仮想特徴点が求められ、その仮想特徴点の位置から頭部の位置と方向が検出される。

さらに、眼鏡のフレーム枠の周囲の少なくとも3箇所に特徴抽出が容易なマーク物体が設けられ、その眼鏡を装着することにより、頭部がマーク物体でモデル化され、マーク物体の位置から頭部の位置と方向が検出される。

30 第3図はこの発明の画像撮影装置の一実施例を示す図であり、第4図は第3図に示した撮影レンズの前方から見た図であり、第5図は側面から見た図である。

第3図を参照して、カメラユニット60の前方には照明装置61とレンズ65が配置される。照明装置61は第4図に示すように、レンズの周囲に配置される発光ダイオード66を含む。発光ダイオード66の前方には直線偏光板63が配置され、レンズ65の前方には可視遮断フィルタ68が配置される。直線偏光板63は発光ダイオード66の光を偏光化し、可視遮断フィルタ68は蛍光灯などの外部照明から出る可視光を遮断する。さらに、レンズ65の光軸から離れた位置に照明装置62が配置される。この照明装置62は発光ダイオード64とその前方に設けられる直線偏光板67を含む。

カメラユニット60は、3個のプリズム607、608および609を含み、プリズム607と608との間には波長分離面610が形成されていて、プリズム608と609との間にはハーフミラー611が配置されている。さらに、プリズム607の光出射面に対向して偏光板615とCCD撮像素子612が配置され、プリズム608の光の出射面にはCCD撮像素子614が配置され、プリズム609の光の出射面には偏光板616とCCD

50

撮像素子613が配置される。偏光板615および616は照明装置61,62の前方に設けられている直線偏光板63,67に対して偏光面が直交している。CCD撮像素子613および614の出力は差分画像演算手段617に与えられて角膜反射像が抽出される。CCD撮像素子612および613の出力は差分演算手段618に与えられて瞳孔が抽出される。

第6図はこの発明の一実施例に用いられる光学部品の光学的性質を示す特性図である。第3図に示した照明装置61,62に用いられる発光ダイオード64,66は人の眼に知覚されない近赤外のものが用いられる。この実施例では、

発光ダイオード64は波長 λ_1 が850nmであり、発光ダイオード66は波長 λ_2 が950nmのものが用いられる。これらの発光ダイオード64,66の波長特性は第6図に示す①、②であり、レンズ65の前方に設けられる可視遮断フィルタ68の特性は第6図の④であり、CCD612,613および614の感応特性は第6図に示す③のようになる。第6図から明らかなように、発光ダイオード64,66は波長の半値幅が狭いため、中心波長が100nm程度離れたものを用いれば、それぞれの発光ダイオード64,66から発光される2つの光は干渉しない。また、この波長では、日の眼にはほとんど知覚されない。もし、人の眼に知覚されるようであれば、発光波長をさらに長波長側に移してもいい。また、シリコンのCCD撮像素子612,613,614は、第6図に示すように、この波長域で十分な感応特性がある。第7図は発光ダイオードと偏光板を一体化して照明装置とした例を示す外観斜視図である。第7図を参照して、基板71には発光ダイオード72が実装され、基板71にはスペーサ73を介して一定の距離を隔てて光学素子取付用のフレーム74が取付けられている。このフレーム74には、偏光板や可視遮断・近赤外透過フィルタなどの光学素子75が取付けられている。さらに、基板71と光学素子75にはカメラレンズ用の孔が形成されていて、これらの2つの孔を連結するために筒76が設けられる。

上述のごとく、第7図に示した例では、光学素子75の周囲をフレーム74で覆うことにより機械的強度を増し、光学素子75の歪などを防止できる。この構造を光学素子75の屈折率の異方性があり、波長によって特性が変化する場合には特に重要である。すなわち、曲げなどの歪が加わると、所定の参照光が得られない場合があるからである。また、筒76は発光ダイオード72から照射された参照光が直接レンズに入射するのを防止する。すなわち、この筒76によって参照光と反射光とが分離される。

次に、第3図を参照して、この発明の一実施例の動作について説明する。照明装置61,62の発光ダイオード64,66でそれぞれ発光された光は偏光板67,63によってそれぞれ偏光され、人物に照射され、その反射光は可視遮断フィルタ68からレンズ65を介してプリズム607に入射される。ここで、波長 λ_2 (950nm)の光は波長分離膜610によって分離され、偏光板615を介してCCD撮像素子612に入射され、像を結像する。仮に、照明装置62による照明

の偏光を横方向とすると、偏光板615の偏光方向を90°ずらして縦方向とすることにより、CCD撮像素子612の感光面には正反射成分が遮断された像、すなわち拡散反射成分の像が結像される。正反射は撮影対象のなめらかな面で起きるため、正反射成分は光源の光学的性質を強く保っている。

一方、拡散反射成分は、撮影対象の吸収・反射特性によって変調を受けており、顔の特徴点や瞳孔、黒眼などの抽出には、雑音を抑えかつS/Nを改善する点から拡散反射像を用いるのが好ましい。一方、波長 λ_1 の反射光は可視遮断フィルタ68,レンズ65およびプリズム607を通過し、プリズム608と609との界面に設けられたハーフミラー611で分割される。分割された一方の光は偏光板616を介してCCD撮像素子613に入射されて像を結像し、他方の光はそのままCCD撮像素子614に入射され、像を結像する。したがって、CCD撮像素子614の出力像には、正反射成分と拡散反射成分との両方の成分が含まれ、CCD撮像素子613の出力像には、拡散反射成分だけが含まれる。なお、偏光板615,616を通過した光は強度が1/2になるため、ハーフミラー611では分割比を1対2にし、CCD撮像素子613と614の像の強度がほぼ同程度になるようにしている。

第8A図はこの発明の一実施例により撮影した拡散反射像を示す図であり、第8B図は特徴点抽出の効果を示す図である。この発明の一実施例では、人の顔に貼った青色マークを特徴点として、これを抽出する実験を行ない、この発明の原理を確認した。従来の撮影方法と比較する実験の都合上、光源として発光ダイオードではなく、白色光源（ハロゲンライト）を用い、偏光化して照射した。カメラは通常の3板式のカラーカメラを用い、結像光軸上に、照明に使用した偏光板と偏光方向が直交する偏光板を挿入して撮影した。カメラが捉えた反射光から上述の方法により、拡散反射成分を抽出した例が第8A図である。この画素から青色成分を抽出し、2値化した画像が第8B図である。この第8B図と前述の従来例である第25B図とを比較すると、雑音が少なく、特徴点として青色マーク77が効率良く抽出されている様子がわかる。

次に、角膜反射像の抽出について説明する。角膜反射像は前述の角膜の表面で参照光源の光が正反射して作る虚像である。したがって、この場合は正反射像は求める信号となる。角膜反射像の抽出は第3図においてCCD撮像素子613と614との像の差分を差分演算手段617によって抽出することによって行なわれる。角膜反射像の抽出において、従来問題であったことは、前述のごとく外部表面やディスプレイの光が角膜で反射して像を作り、参照光源の像に重なることであった。しかしながら、この発明の一実施例では、発光ダイオード64の光が偏光化されているため、これと直交する偏光板616によって発光ダイオード64からの光の反射像による角膜反射像が遮断され、拡散反射像が残る。したがって、上述のごとく差分

演算手段617により角膜反射像が背景から抽出される。しかし、外部照明は、一般に偏光していないため、CCD撮像素子613と614とでは同様な画像が撮影され、差分をとると消えてしまう。このようにして、差分演算手段617から得られる差分画像は雑音が少ないため、S/Nの高い角膜反射像の抽出が可能である。

第9A図～第9C図は角膜反射像の抽出例を示す図である。この第9A図～第9C図に示した例は、上述の原理を確認するため、第3図と同様の撮影系を用いて角膜反射像を抽出する実験を行なった結果を示したものであり、第9A図はCCD撮像素子614から得られた画像であり、正反射成分と拡散反射成分とを含んでいる。第9B図はCCD撮像素子613から得られた画像であって、拡散反射成分のみを含んでいる。また、差分演算手段617から出力された差分画像は、第9C図に示すように、背景の中から角膜反射像が明瞭に抽出されている様子がわかる。

次に、瞳孔の抽出について説明する。第3図に示すように、第1の照明装置61は第4図に示すように、レンズ65の光軸を囲むように配置された発光ダイオード66を含む。この照明装置61からの照明による反射像、すなわちCCD撮像素子612から出力される像では、瞳孔は背景に対して明るく撮影される。背景に対する瞳孔強調化は、これだけでは十分とはいえないが、適用範囲を限定すれば瞳孔の抽出が可能である。一方、第2の照明装置62はレンズ65の光軸から離れて配置されていて、この照明装置62の照明による反射像、すなわちCCD撮像素子613または614から得られた像は、瞳孔が暗く撮影される。したがって、CCD撮像素子612から得られる画像とCCD撮像素子613から得られる画像の差分処理またはCCD撮像素子612から得られる画像とCCD撮像素子614から得られる画像との差分処理により、瞳孔は背景から一層強調され、抽出が容易になる。なお、第2の照明装置62は、上述のごとく設置条件が厳しくないため、蛍光灯などの外部照明で代用してもよい。ただし、この場合照明の反射光がCCD撮像素子613または614に到達することが必要であり、したがって外部照明は近赤外の成分を持つものとするか、あるいはレンズ可視遮断フィルタ68を除く必要がある。

第10図、第11A図ないし第11C図および第12図は瞳孔が明るく撮影される光源の配置を説明するための図である。次に、光源の位置と瞳孔の明るさとの関係について、第10図を参照して詳細に説明する。眼球80は半径の異なる透明球が中心を隔てて重なった複合球としてモデル化できる。撮影レンズ86の光軸にあるこのような眼球80に対して光を照射し、その反射光を捉える場合を考える。眼球80の虹彩81の開口部が瞳孔85である。光源87から照射された光は角膜84で屈折し、眼球80内に入り、瞳孔85を通過し、網膜に対応する拡散反射面82に到達する。一部の光は網膜細胞に吸収されるが、残りの光はここで拡散反射される。反射光のうち、再び瞳孔85を通過できる光が概ね光源の方向に戻る。したがって、この方向に撮影

レンズ86があり、反射光を捉えることができれば、撮影画像において瞳孔85の部分は明るく輝いた像になる。

しかし、撮影レンズ86が光源87から離れると、反射光を十分に捉えることができなくなり、瞳孔85の部分において明るく輝く領域は特異な形になる。第10図に示すように、光源87が撮影レンズ86の光軸近くにあれば、第11B図に示すように、瞳孔85内で明るく輝く領域が広がる。しかし、光源88のように撮影レンズ86から離れると、第11A図に示すように、明るく輝く領域が大きく偏る。このように明るさが不均一な瞳孔像では2値化し、重心を求める処理をしても瞳孔85の中心を正確に求めることができず、視線検出の誤差が大きくなる。したがって、視線検出の精度を上げる観点からは、瞳孔85が均一な明るさで撮影されることは特に望ましい。

そこで、この発明の一実施例では、瞳孔85内の全域を均一に明るく撮影するために、光源87を撮影レンズ86の光軸の近くに配置するとともに、光軸の周囲に配置することが望ましいとしている。第11C図は第4図に示した照明装置61を用いて撮影した瞳孔像を模式的に示したものである。第4図に示した発光ダイオード66は第11B図、第11A図に示すように瞳孔85の特定部分を明るく撮影するために作用するが、光軸の周囲に配置された発光ダイオード66による作用の和として撮影される瞳孔像は全体が均一に明るくなる。なお、レンズ光軸の近傍に光源87を配置する構成は、発光ダイオード66のような小型で効率の良い光源を使用して初めて可能となる。

次に、第12図を参照して、瞳孔を均一に明るく撮影する条件について説明する。撮影条件として影響する主なパラメータは以下のとおりである。

- ① レンズ中心位置を基準としたときの眼球の位置 d 、 g および眼球の回転角 ξ
- ② 光源の位置

上述のパラメータの中で、①のパラメータは視線検出法を使用する環境条件によって定まる。インタフェースの環境では、眼球の位置 d は50cm～200cm程度であり、眼球の位置 g は±30cm程度であり、回転角 ξ は±20°程度である。このような条件の中で、第11A図、第11B図に示すように瞳孔の少なくとも一部を明るく撮影するための光源の配置条件を実験により求めると、この条件は各光源と撮影対象を結ぶ線分 l_1 や l_1' とレンズ中心と眼球を結ぶ線分 l_2 や l_2' とのなす角 θ でほぼ決まり、 θ の値は θ_{th1} (5°) 以下であった。

また、瞳孔が明るく撮影される部分が全く現われないような角度については θ_{th2} (6°) 以上であった。つまり、5°前後を境として、瞳孔は明るく撮影されるかあるいは暗く撮影されるかに分かれる。この θ_{th1} 、 θ_{th2} の値は環境条件により設定される。したがって、瞳孔を明るく撮影するための照明装置61ではレンズ光軸を取囲む各光源を θ_{th1} 以下にすればよい。光源の数は多いほどよいが、3個以上が望ましい。

上述の条件により、瞳孔を明るく撮影した画像と、瞳孔を暗く撮影した画像の差分画像により、瞳孔部分が背景に対して強調される。

第13A図～第13C図は第3図に示した装置を用いて撮影した画像の一例を示す図であり、特に、第13A図はCCD撮像素子612によって撮影された画像であり、第13B図はCCD撮像素子614で撮影された画像である。差分画像を2値化すると、第13C図に示すように、瞳孔部分が高いS/Nで抽出されることがわかる。

この発明の一実施例では、眼球の網膜で反射する光を瞳孔から取出すことにより、瞳孔を明るく撮影するが、この技術の特徴点抽出に利用することもできる。すなわち、顔にマークを貼り、このマークを抽出することにより、顔の位置や方向を検出する方式において、このマークに透明球を使用する方法である。

第14図はこの発明の一実施例の装置に適用されるマーク物体の一例を示す図である。第14図を参照して、ガラス玉90の上に白ペンキなどの塗料が塗布されて拡散反射層91が形成され、さらにその上に黒ペンキなどの塗料が塗布されて光吸収層92が形成される。光はガラス玉90の開口部から入射し、開口部部の曲率で屈折し、拡散面に到達する。入射光は拡散面で結像こそしないが、開口部の曲率がレンズとして作用するために、第14図に示すように入射光が集光される。拡散面で反射した光は、開口部を通過する際、曲率がレンズとして作用するため、概ね入射した光の方向に反射する。

このように、反射光の方向が入射光の方向に近いために、たとえば第3図に示した実施例の撮影装置で反射光を撮影すると、CCD撮像素子612で得られた画像は開口部が周囲に対して明るく撮影される。また、撮影レンズ65から離れたところに設けられた照明装置62による反射光は眼球の場合と同様にして、カメラ60は捉えられないため、CCD撮像素子613および614の画像では開口部が暗くなる。したがって、これら2種類の画像、すなわちCCD撮像素子612の画像と、CCD撮像素子613または614の画像との差分をとると、開口部が特徴点として強調され、抽出される。このように、ガラス玉90の開口部は瞳孔を抽出する条件と同様に抽出できる。なお、ガラス球90としては、直径3ないし5mm程度のものを用意し、顔の中で皮膚の動きの少ないところに貼るかあるいは眼鏡フレームの枠に埋め込み、これを利用者が装着するようにしてもよい。

第15図はマーク物体の他の例を示す断面図である。第15図を参照して、マーク物体93は直径が2～5mm程度の円形であって、ガラスを加工して形成される。表面には波長900nm以上で透過し、900nm以下で反射する膜94が形成され、裏面は拡散反射面95となっている。したがって、900nm以上の光が裏面で拡散反射されてカメラによって捉えられる。900nm以下の光はマーク物体93の表面で反射するが、反射方向が撮影レンズと異なる場合、撮影さ

れない。また、この光は正反射光であるため、偏光板を用いれば遮断できる。前述の第3図に示したCCD撮像素子612で得られた画像ではマーク部分が明るくなる。また、CCD撮像素子613で得られた画像では、マーク部分が暗くなる。したがって、これらの差分をとることにより、マーク部分が瞳孔と一緒に抽出される。

第16図はこの発明を電子シャッター式撮影装置に適用した実施例を示す図であり、たとえば第3図において、CCD撮像素子614を省略したカメラに電子シャッター機能をつけたものに相当する。すなわち、撮像素子105は第3図のCCD撮像素子612に相当し、撮像素子105がCCD撮像素子613に相当する。第16図を参照して、電子シャッター式カメラ101はレンズ102と、電子シャッター103と、波長に応じて画像を分離する光学装置104と、波長 λ_1 の画像を撮影する撮像素子105と、波長 λ_2 の画像を撮影する撮像素子106とを含む。撮像素子105の出力はメモリ107に与えられ、撮像素子106の撮像出力はメモリ108に与えられる。メモリ107,108はそれぞれ撮像出力を記憶する。画像処理装置109は、メモリ107,108に記憶されたそれぞれの画像出力を処理し、たとえば差分を出力する。電子シャッター103と撮像素子105,106はたとえばマイクロコンピュータからなるコントローラ110によって制御される。照明装置111は波長 λ_1 の光を照射する照明装置113と波長 λ_2 の光を照射する照明装置115とから構成され、それぞれはコントローラ110の制御により、駆動回路112,114によって駆動される。

第17図および第18図は第16図に示した撮像装置および照明装置の駆動タイミングを示す図である。前述の第16図に示した電子シャッター式カメラ101は、動きのある対象をぶれを少なくして撮影できる。その原理は電子シャッター103を短時間開いて撮像素子105,106を露光し、第17図(b)に示すたとえば1msecの短い時間116の間に画像信号が撮像素子105,106に一時蓄積される。その後、第17図(a)に示すタイミング117の間に撮像素子105,106の出力である画像信号がメモリ107,108に転送され、転送が終わったタイミングで再び電子シャッター103が開かれ、撮像素子105,106が露光され、この動作が繰返される。

上述の第16図に示した電子シャッター式カメラ101では、撮像素子105,106として感度の高いものを使用する必要があるが、シャッター速度が速くなるに従って多くの光量を必要とする。このような装置において、照明装置111を使用することによって、以下の利点を得られる。

すなわち、発光ダイオードは高速にオン、オフできるばかりでなく、間欠駆動条件では連続駆動に比べて大きな電流を通電でき、したがって大きな光量を得ることができる。これにより、撮像素子105,106の露光時間に、十分な光を照射できる。このように、発光ダイオードを用いた照明装置111は電子シャッターカメラ101に必要な短時間に強い照明を必要とする条件に合致する。

撮像素子105,106の一面露光時間は33msec~0.5msec程度の幅が設定される。ここで、たとえば最小露光時間である1msecまたは0.5msecにおいて、毎秒30枚の画像を撮影する場合を例にとると、照射時間は連続照射に比べて1/1000以下になる。この場合、連続通電では50mA程度しか流せない発光ダイオードであっても、間欠駆動によって数Aの電流を通電することができる。したがって、露光に必要な照明は確保できる。

この発明による撮影装置では、外部照明は雑音となるため遮断するのが好ましい。露光時間を短くする効果としては、照明装置の光量に対して、外部照明の光量が相対的に少なくなる点が挙げられる。これにより、外部照明による反射成分が相対的に少なくなり、雑音成分が少なくなってS/Nが改善する。また、必要な照明時間により必要な光量の照明を行なうため、無駄な電力が少なくなり、発熱も少なくなる。

次に、間欠駆動の他の例として、外部照明による反射成分を除去する他の方法について説明する。

第18図は照明装置を駆動するタイミング図である。この例では、画像の撮影は時分割で2枚1組によって行なわれ、1画面の撮影時間はたとえば33msecであって、A1,A2で示されている。A1の撮影時は照明装置がオンされ、A2の撮影時は照明装置がオフにされる。A1,A2の画像は共に外部照明による反射光が重畳されている。外部照明の条件がA1,A2の撮影時で変化しなければ、A1の画像からA2の画像を減算することにより、照明装置をオンしたときの画像を抽出できる。

次に、この発明の応用例として、撮影対象の特徴点をリアルタイム、たとえば30画面/秒で抽出する画像処理装置について説明する。人の動きをリアルタイムで検出しようとする場合、上述のように一方で顔や身体にマークを貼ったり、参照光を当てるなど、特徴点が抽出しやすくなる撮影方法を選択する必要があるが、これだけでは不十分であり、画像処理装置の高速化が不可欠である。この発明では、2種類の画像の差分処理により、上述の特徴点を簡単に抽出できる。

第19A図はこの発明による画像撮影装置を用いて、特徴点をリアルタイムで検出する画像処理装置の全体の構成を示す概略ブロック図であり、第19B図は第19A図に示した画像処理装置の具体的なブロック図である。

第19A図を参照して、近赤外カメラ121,122によって撮影された各カメラのCCD1~CCD3の画像信号はそれぞれ画像処理装置123,124に与えられて画像処理されてホストコンピュータ125に与えられる。画像処理装置123,124はそれぞれ第19B図に示すように構成されている。すなわち、画像処理装置123は入力信号からパイプライン処理のためのタイミング信号を作るモジュール130を基本とし、このモジュール130に接続される他の入力モジュール131,132および各種パイプラインプロセッサモジュール133,134,135および136が並列動作する。近赤外カメラ

121はCCD撮像素子612,613および614を含み、それぞれの画像信号はモジュール130,131および132に個別的に与えられる。

モジュール130,131および132はCCD撮像素子612,613および614のそれぞれの出力信号に同期して画像信号をA/D変換して画素データとし、この画素データはビデオバスを介して順次パイプラインプロセッサモジュール133,134,135および136に与えられる。パイプラインプロセッサモジュール133,134,135および136はそれぞれ複数の入力を有していて、たとえば2種類の差分画像処理の場合、パイプラインプロセッサモジュール133は（CCD614の画像—CCD613の画像）なる処理および2値化の処理を行ない、パイプラインプロセッサ134は（CCD612の画像—CCD613の画像）なる処理および2値化の処理を行ない、パイプラインプロセッサ135はパイプラインプロセッサ133および134で処理された画像信号をパッキングし、パイプラインプロセッサ136は抽出された特徴点の重心を計算する。

計算された重心座標はリピータ138を介してホストコンピュータ125に伝送され、視線が検出される。このようにして、1枚の画像が取込まれる間に、A/D変換された画素データが複数のパイプラインプロセッサモジュール133~136を介して演算される。1枚の画像処理時間は最後の画素が取込まれるまでの時間33msecにパイプライン処理の遅れ時間を加えたものになる。また、入力モジュール130,131および132は最後の画像プロセッサに送った後は、すぐ次の画像取込みに入ることができる。したがって、この発明の目的のように、簡単な四則演算で済む画像処理（画像間の差分処理）の場合、33枚/秒、遅れ時間33msec+ α でリアルタイム処理が可能となる。

次に、視線検出以外の応用例として、形状パターンを参照光として撮影対象に照射し、照射したパターンに対応する反射パターンの変化から撮影対象の3次元形状を求めるアクティブステレオビジョンへの適用について説明する。

第20図、第21図および第22図はアクティブなステレオ画像計測法にこの発明を応用した例を示す図である。第20図を参照して、発光ダイオードの光源を用いた照明装置141からレンズ系142,形状パターン143および偏光板144を介して参照光が撮影対象145に照射される。撮影対象はたとえば人物の顔である。形状パターン143には第21図に示すようなパターンの模様145が形成されており、光源141からの参照光はレンズ系142によって形状パターン143の模様146を撮影対象145に結合させる。撮影対象145からの反射光は撮影レンズ151,偏光板152を通過して撮像素子153に結像される。なお、偏光板152の偏光面は、偏光板144の偏光面に対して90°回転しているものとする。

第22図は撮影対象145に投影されたパターンが撮像素子153によって撮影された画像である。一般に、撮影対象14

5には部分的になめらかな面があり、参照光はここで正反射するため、偏光を用いない従来方式では、第29図に示す投影画像の中には、投影パターンを妨害するような正反射像が現われる。しかし、参照光を偏光化して照射し、反射光から正反射成分を遮断して撮影するこの方式では、正反射像による雑音成分が少ないので、第28図に示すように、撮影対象の形状の特徴情報を反映した形状パターン像を効率的に抽出できる。

【発明の効果】

以上のように、この発明によれば、瞳孔を強調して撮影することができる。このことは、照明を弱くしてもノイズに強いことを意味している。強い照明は生理的影響を与えて望ましくないが、この発明によれば、弱い照明でも安定して瞳孔を抽出できるため、視線検出などを行なう際、人に優しい装置を提供できる。つまり、長時間使用しても疲れない装置の実現が可能となる。

【図面の簡単な説明】

第1図はこの発明の概念を説明するための図である。
第2図は視線検出に必要な特徴点の種類とその性質を示す図である。
第3図はこの発明の画像撮影装置の一実施例を示す図である。
第4図は第3図に示した撮影レンズを前方から見た図である。
第5図は同じく側面から見た図である。
第6図はこの発明の一実施例に用いられる光学部品の光学的性質を示す特性図である。
第7図は発光ダイオードと偏光板とを一体化して照明装置とした例を示す外観斜視図である。
第8A図はこの発明の一実施例により撮影した拡散反射像を示す図であり、第8B図は特徴点抽出の効果を示す図である。
第9A図～第9C図は角膜反射像の抽出例を示す図である。
第10図、第11A図ないし第11C図および第12図は瞳孔が明るく撮影される光源の配置を説明するための図である。
第13A図～第13C図は第3図に示した装置を用いて撮影した画像の一例を示す図である。
第14図はこの発明の一実施例の装置に適用されるマーク物体の一例を示す図である。

第15図はマーク物体の他の例を示す断面図である。

第16図はこの発明を電子シャッター式撮影装置に適用した実施例を示す図である。

第17図および第18図は第16図に示した撮影装置および照明装置の駆動タイミングを示す図である。

第19A図はこの発明による画像撮影装置を用いて特徴点をリアルタイムで検出する画像処理装置の全体の構成を示す概略ブロック図であり、第19B図は第19A図に示した画像処理装置の具体的なブロック図である。

第20図、第21図および第22図はアクティブなステレオ画像計測法にこの発明を応用した例を示す図である。

第23図は従来の非接触視線検出装置の一例を示す図である。

第24図は従来の照明装置と撮影装置とを用いて人物の顔に合った青色のマークを特徴点として抽出する実験を行なった例を示す図である。

第25A図および第25B図は第24図に示した実験によって顔の特徴点を抽出した例を示す図である。

第26図は瞳孔の他の抽出法として、瞳孔から光を入射し、網膜で反射する光を捉える方法を示す図である。

第27図は角膜反射像をカメラで撮影する装置の一例を示す図である。

第28図は撮影された画像上で、白眼の中の黒眼の位置を検出し、視線に変換する方法を説明するための図である。

第29図は瞳孔と角膜反射像とを特徴点として用い、1台のカメラで抽出する方法を説明するための図である。

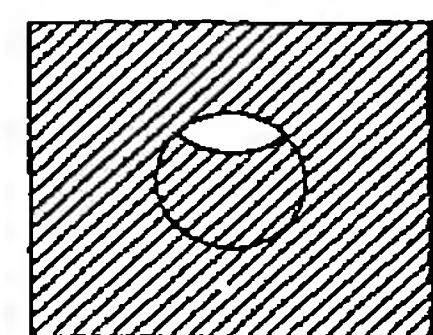
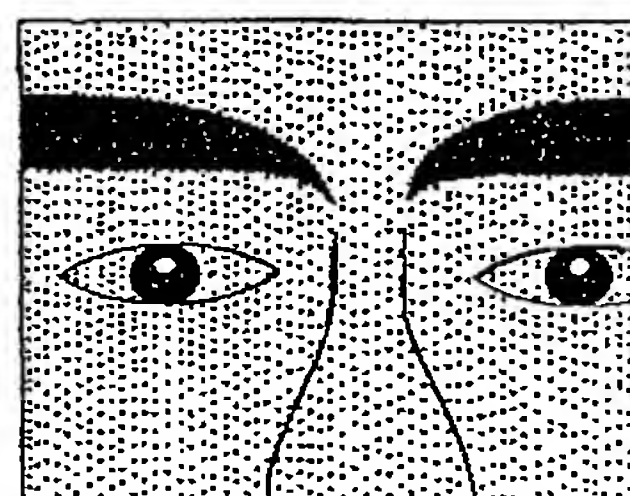
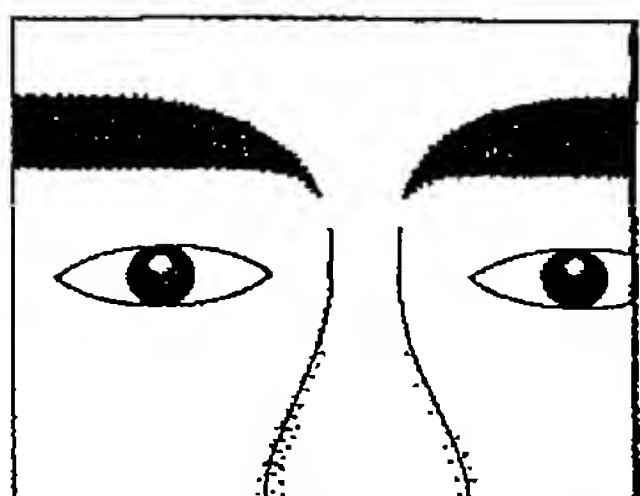
図において、60はカメラユニット、61,62,111,113,115は照明装置、64,66,72は発光ダイオード、63,67,615,616は偏光板、65,86はレンズ、68は可視遮断フィルタ、75は光学素子、87は光源、105,106は撮像素子、107,108はメモリ、109,123,124は画像処理装置、110はコントローラ、112,114は駆動回路、121,122は近赤外カメラ、125はホストコンピュータ、130,131,132はモジュール、153,154,155,156はパイプラインプロセッサモジュール、607,608,609はプリズム、610は波長分離膜、611はハーフミラー、612,613,614はCCD撮像素子、617,618は差分画像演算手段を示す。

【第9A図】

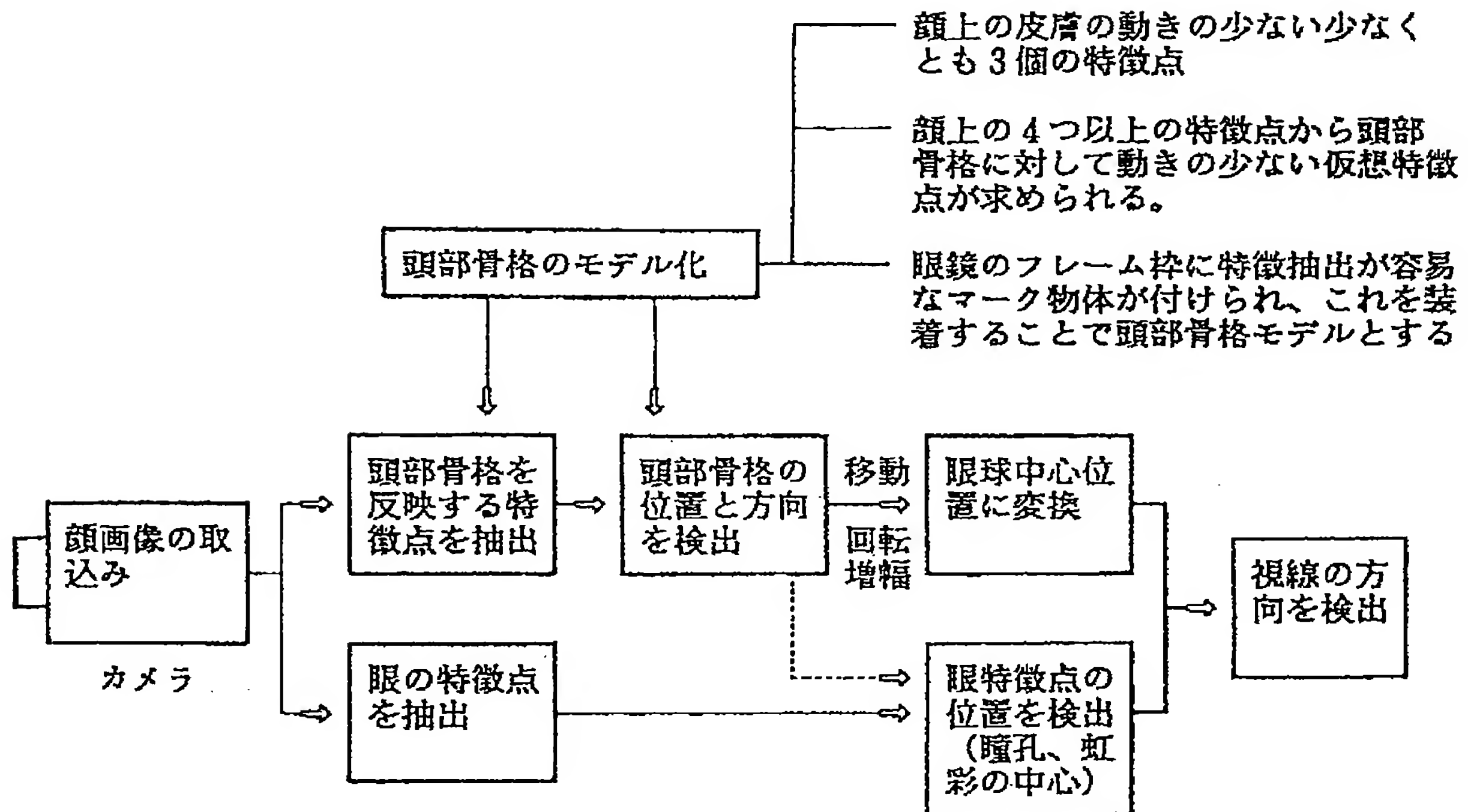
【第9B図】

【第9C図】

【第11A図】



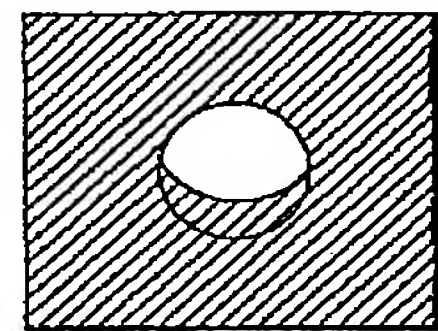
【第1図】



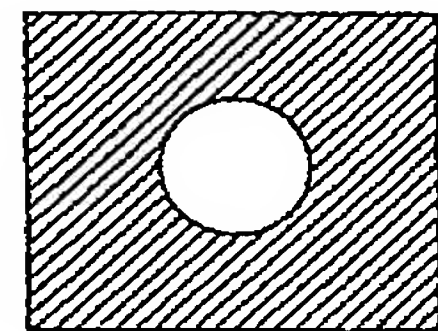
【第2図】

特徴点	主な性質
角膜反射像	<ul style="list-style-type: none"> ・角膜の凸面で正反射した光が作る虚像 ・視線の動きに略比例し眼球と同じ方向に動く
黒目	<ul style="list-style-type: none"> ・虹彩と強膜の反射強度差により観測される ・視線の動きと同じ ・参照光を用いなくても室内照明で抽出できる
瞳孔	<ul style="list-style-type: none"> ・虹彩とこの開口部における網膜からの反射光の強度差により観測される ・視線の動きと同じ ・瞼の影響を受け難い
顔面	<ul style="list-style-type: none"> ・目尻、目頭、唇などは色の差で検出可能 ・3つの特徴点があれば眼球中心に変換できる

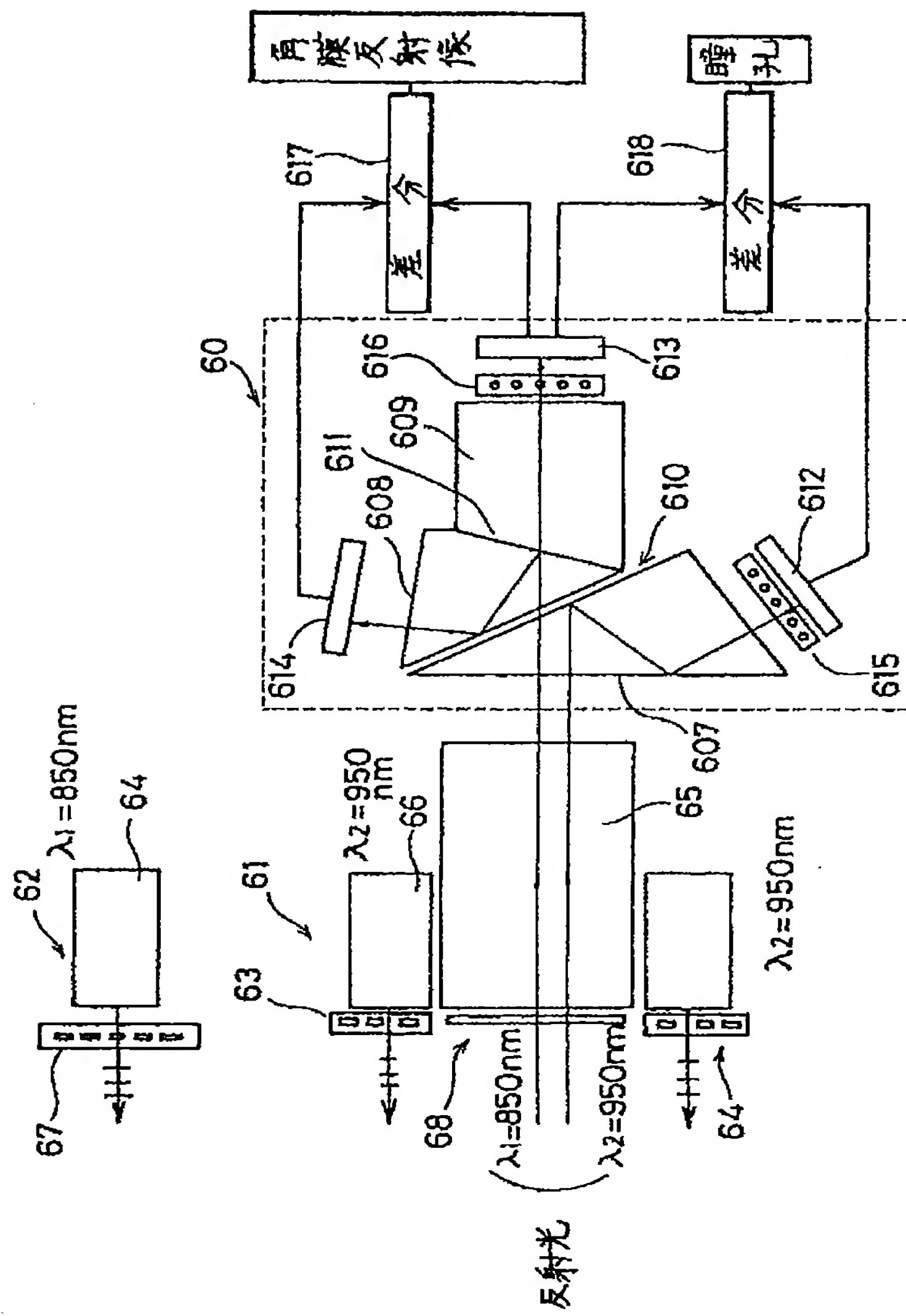
【第11B図】



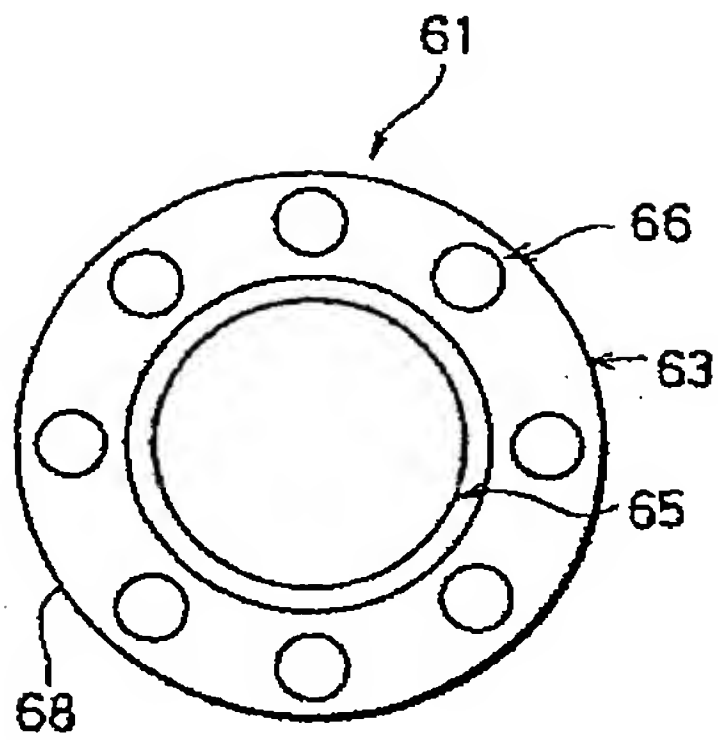
【第11C図】



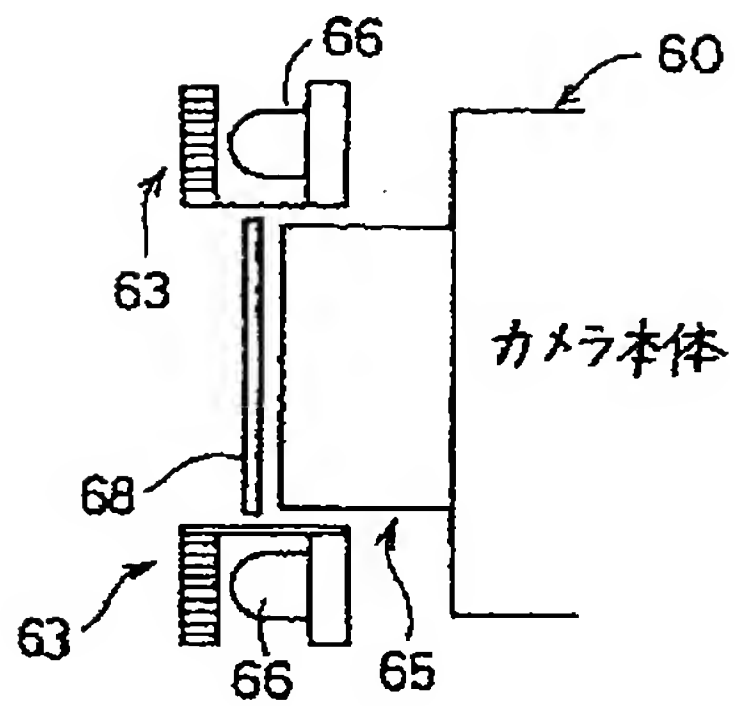
【第3図】



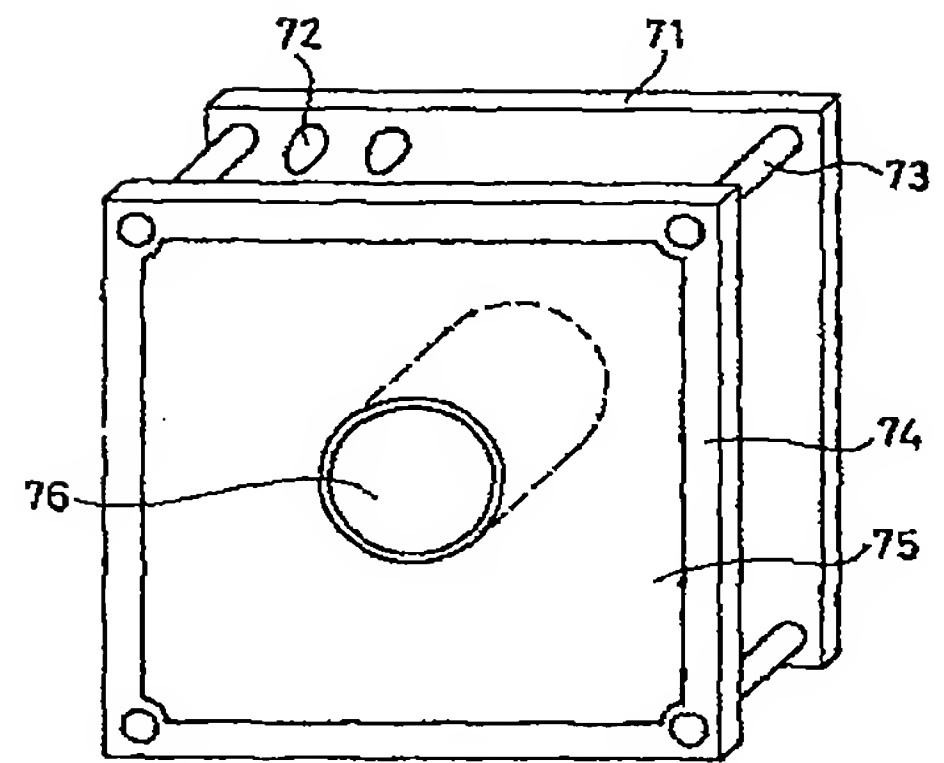
【第4図】



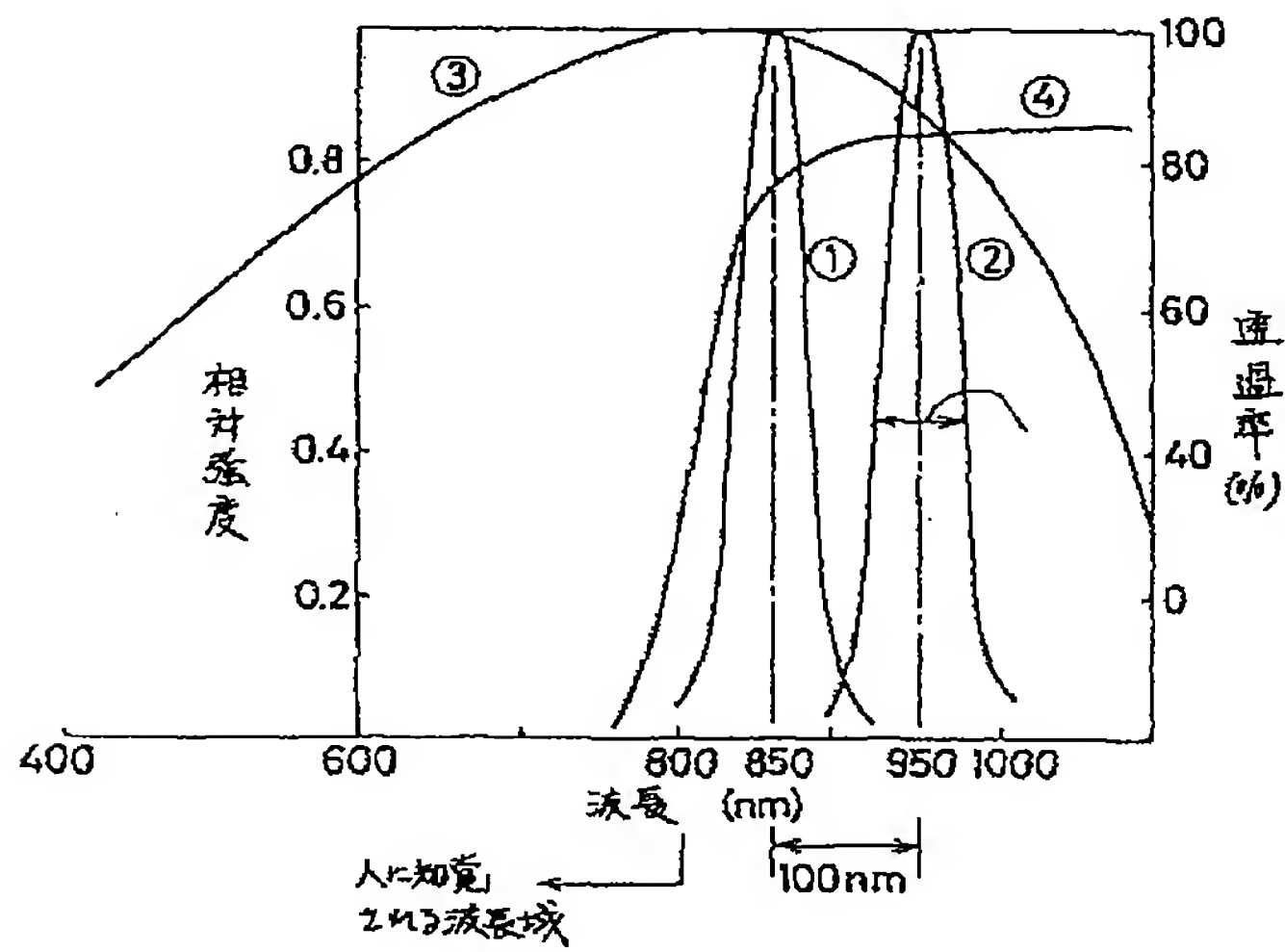
【第5図】



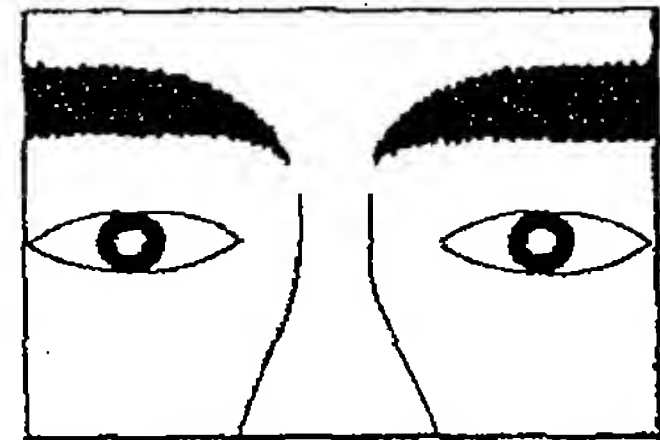
【第7図】



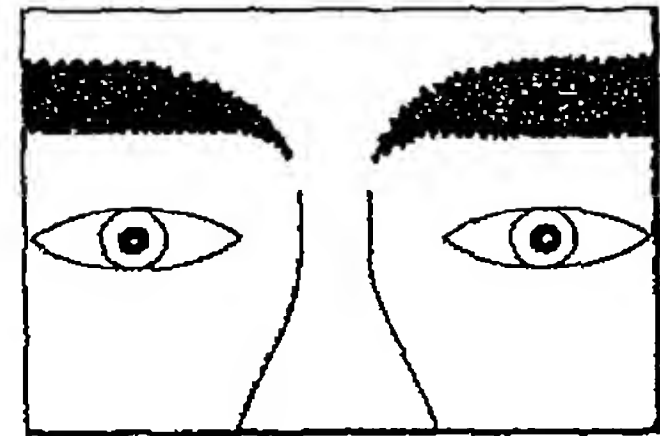
【第6図】



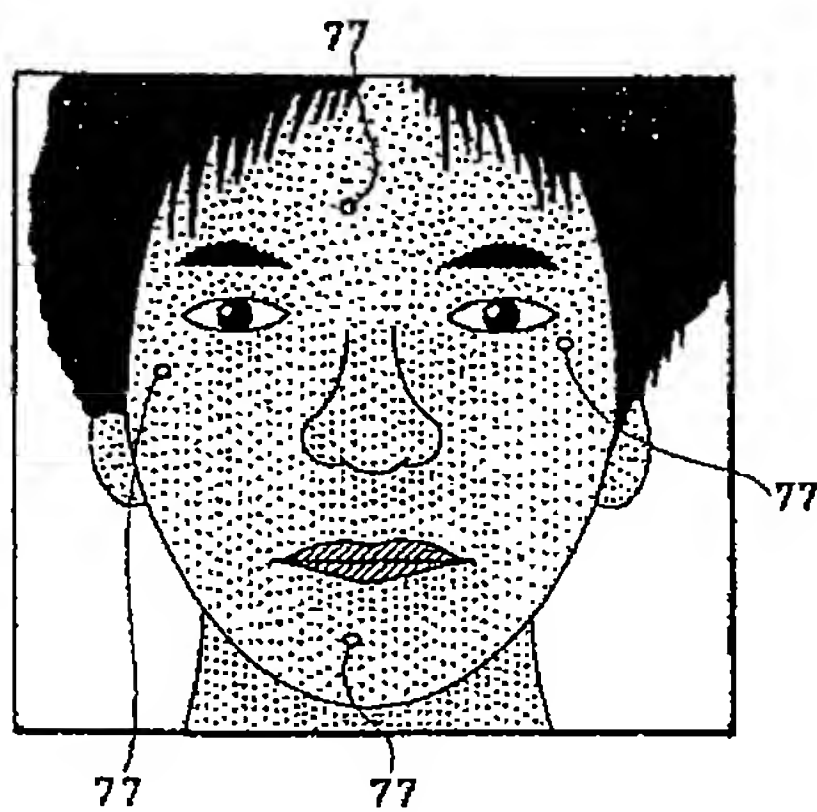
【第13A図】



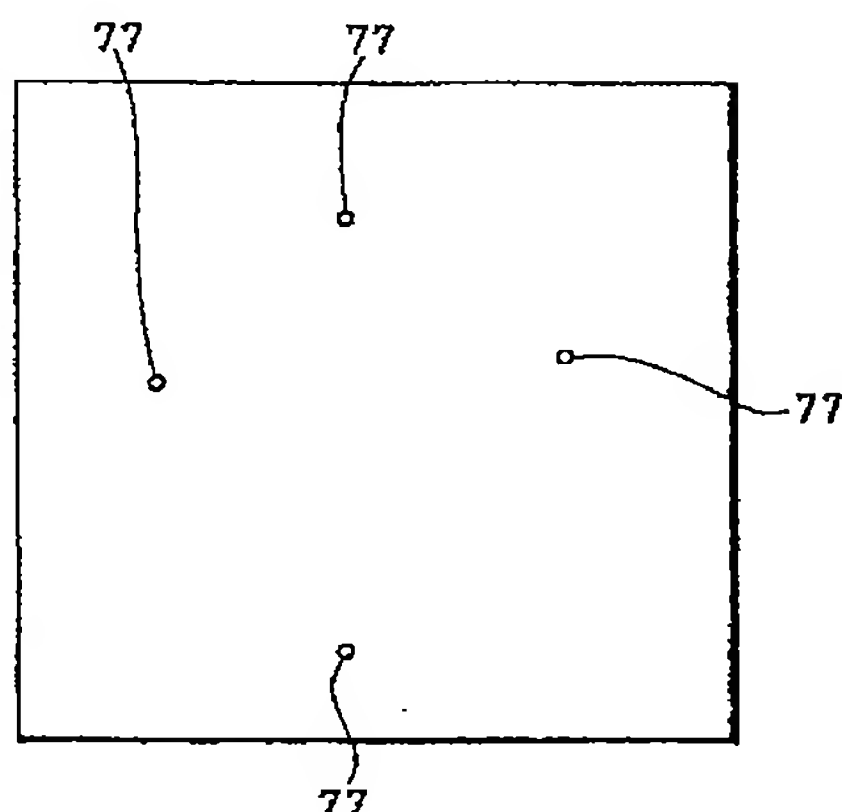
【第13B図】



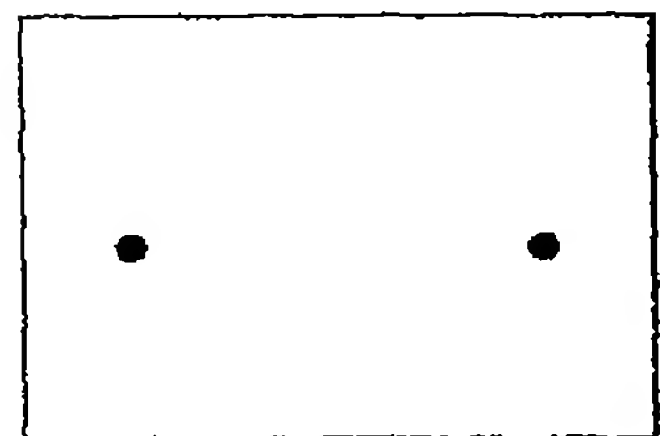
【第8A図】



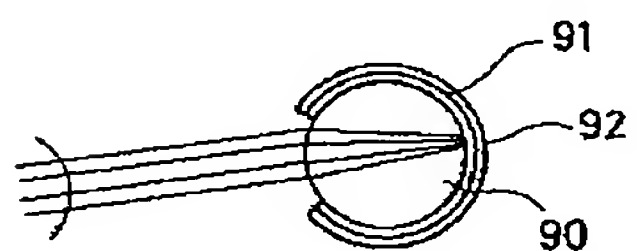
【第8B図】



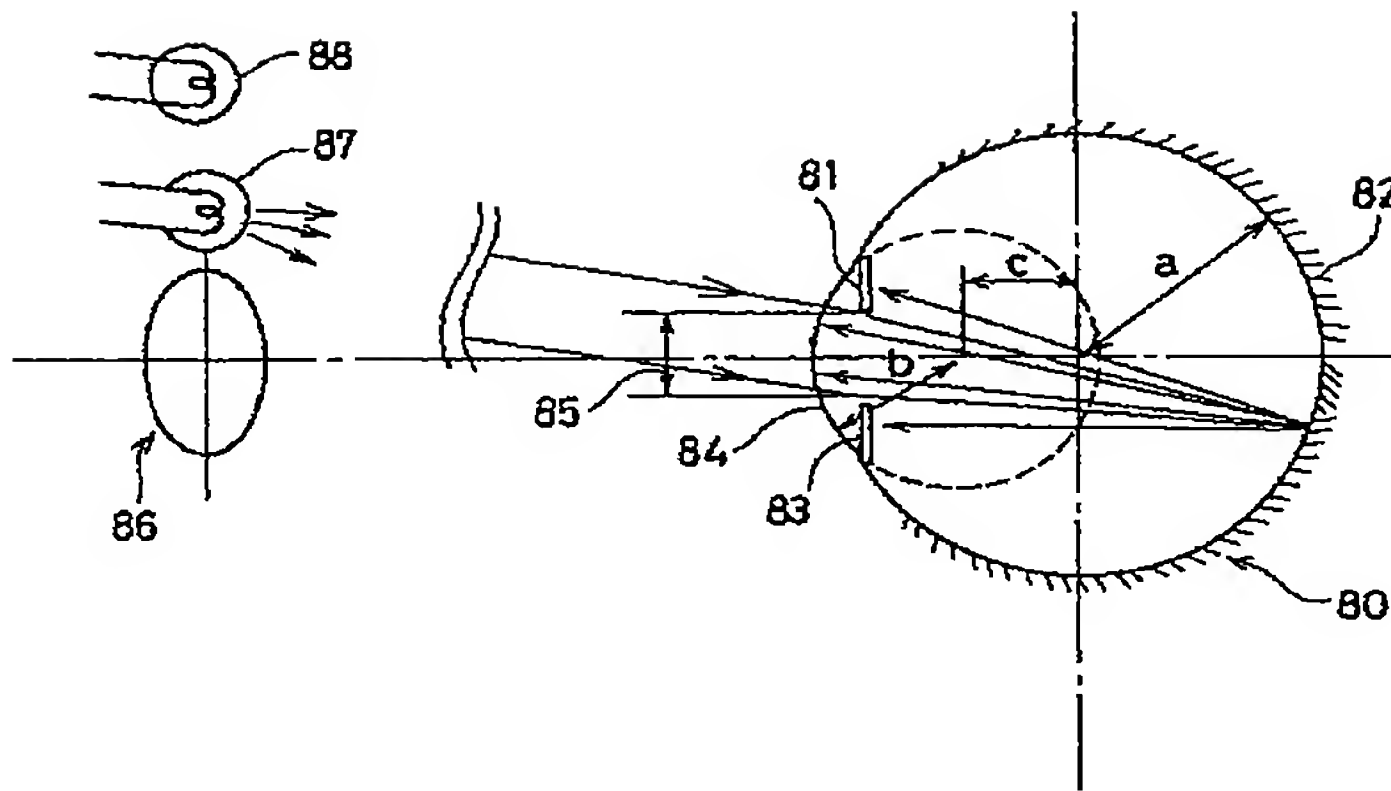
【第13C図】



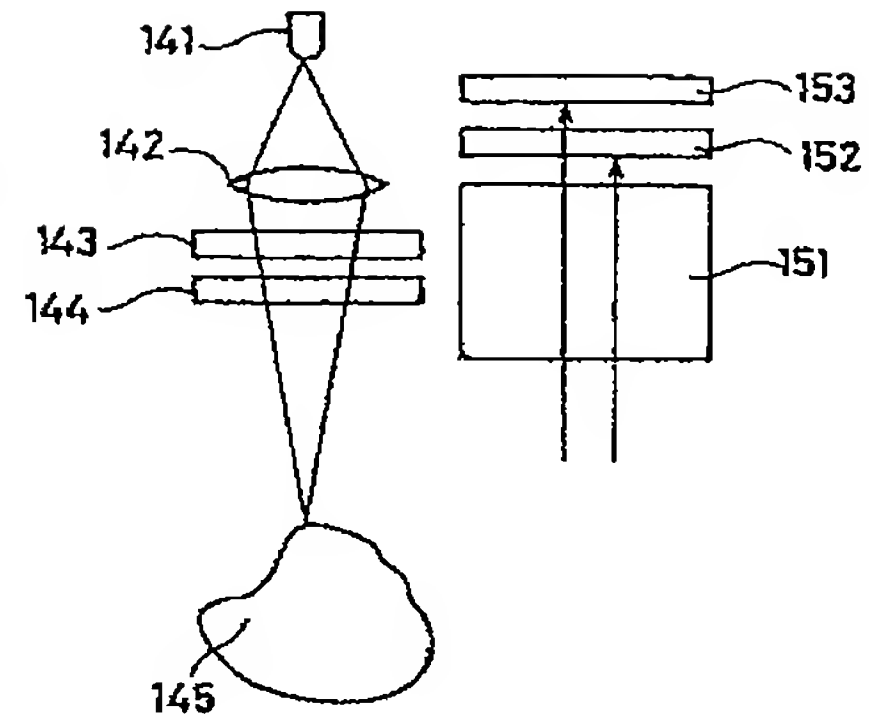
【第14図】



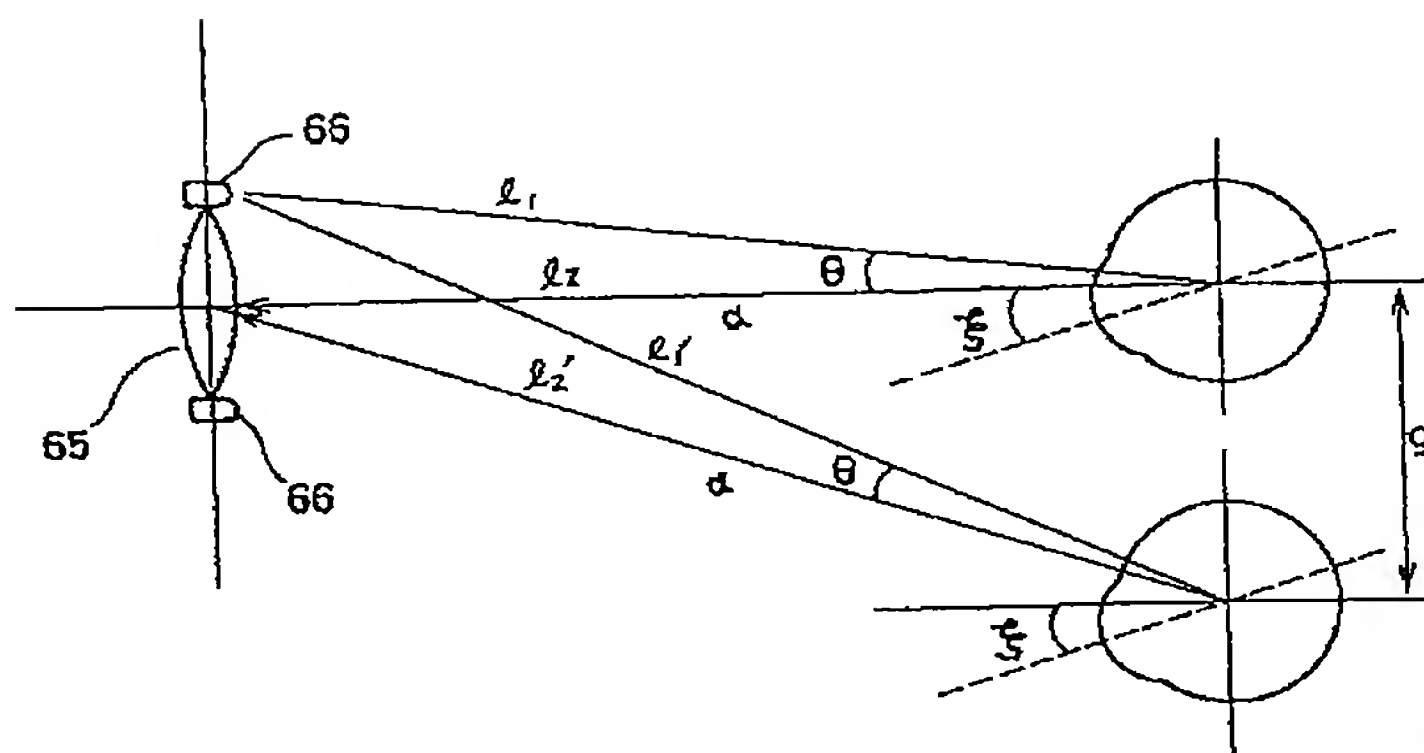
【第10図】



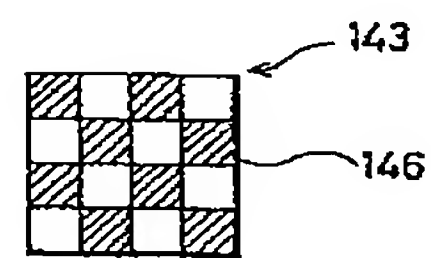
【第20図】



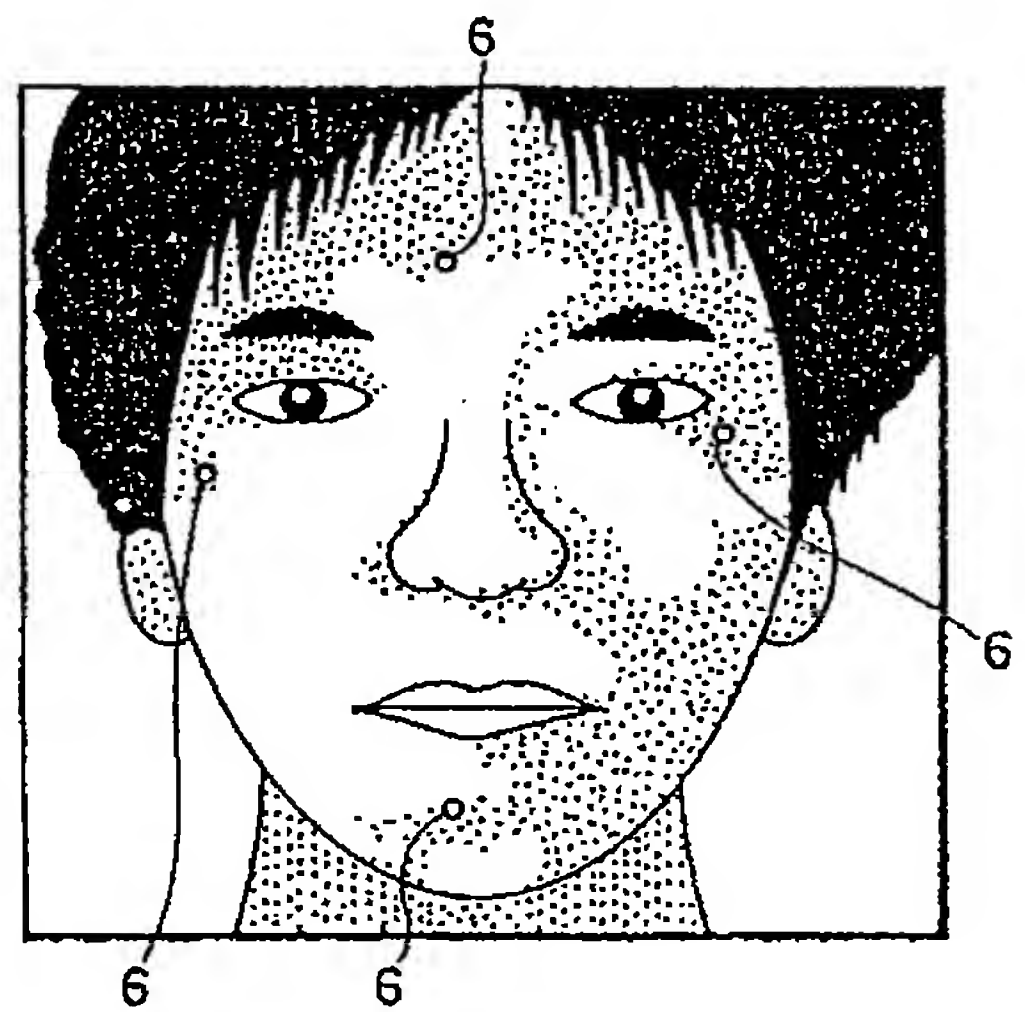
【第12図】



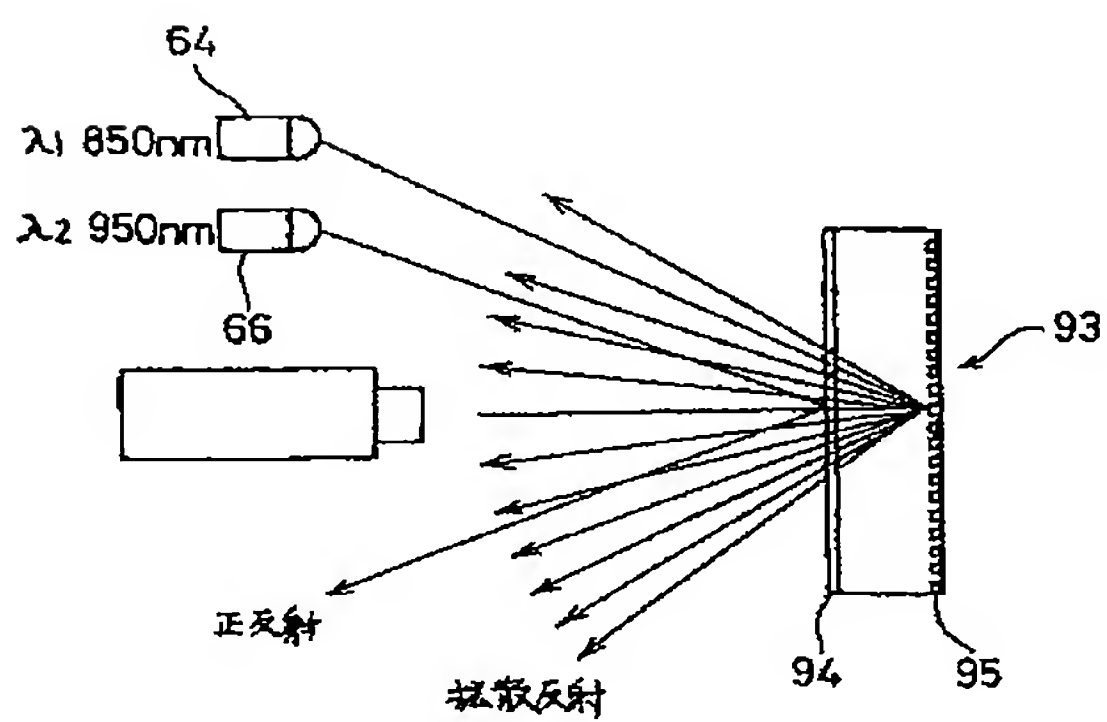
【第21図】



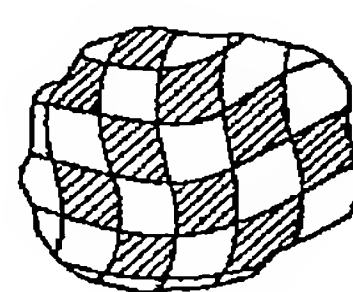
【第25A図】



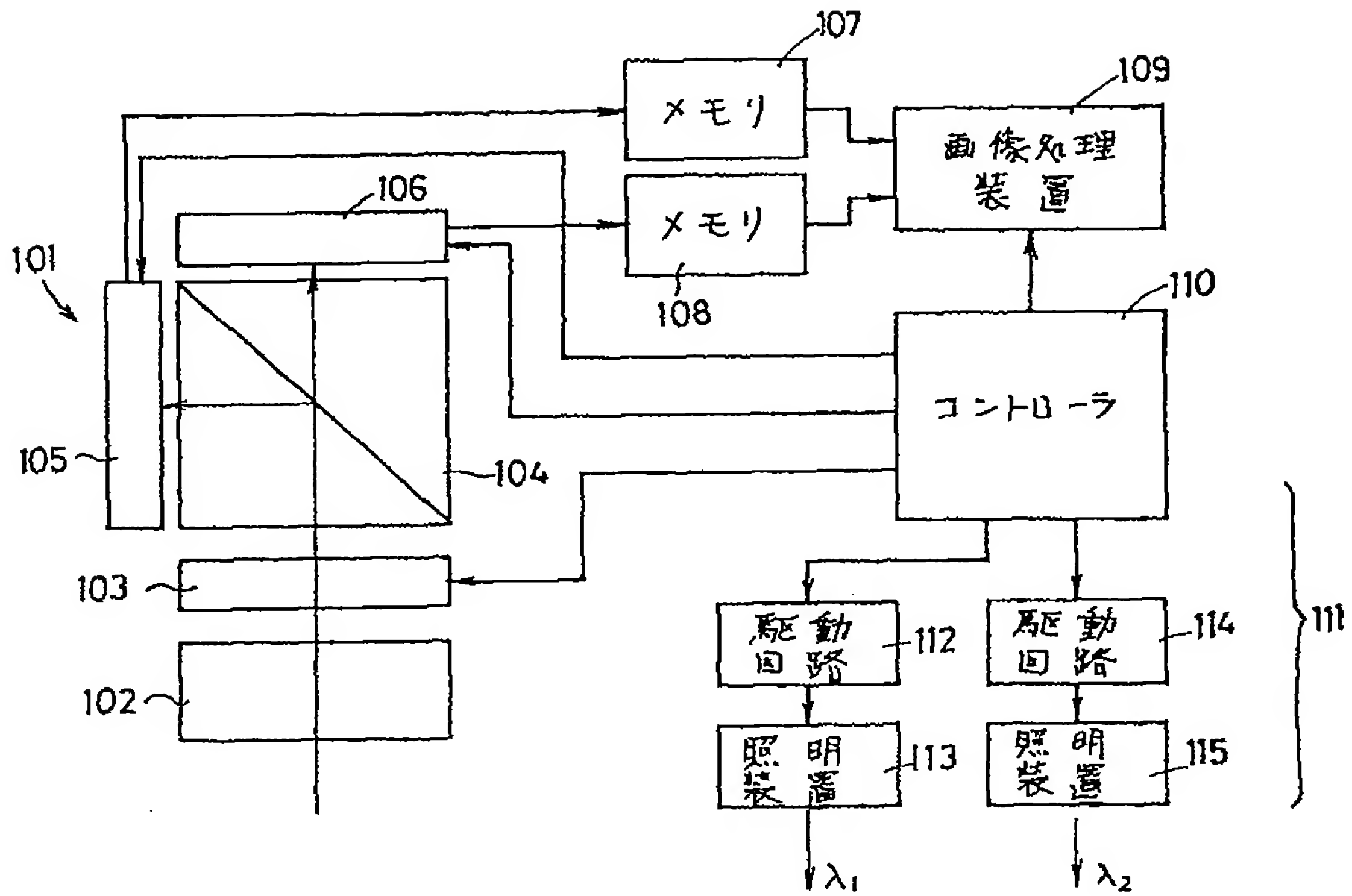
【第15図】



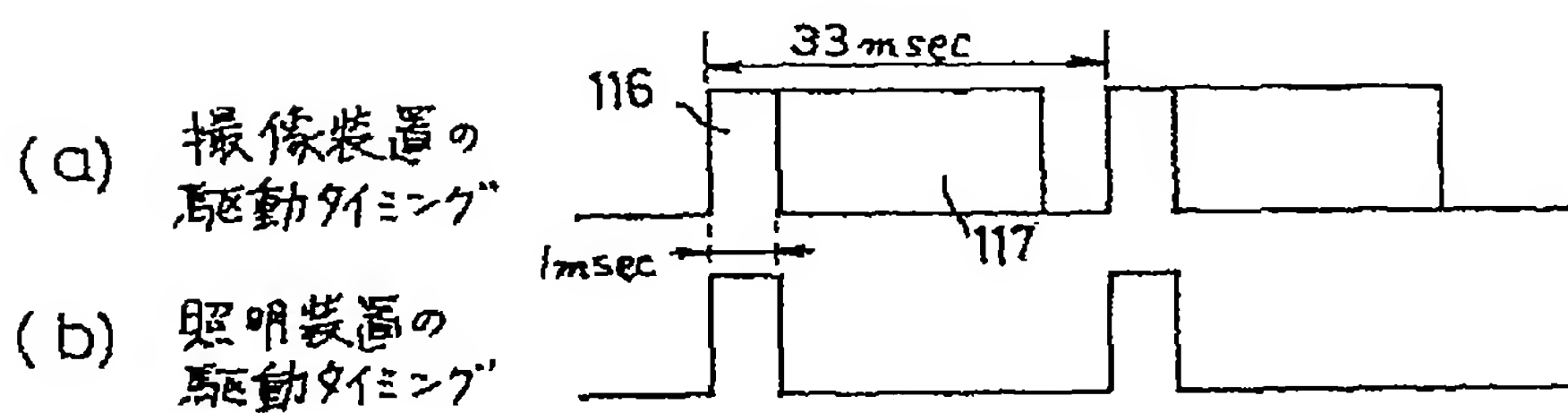
【第22図】



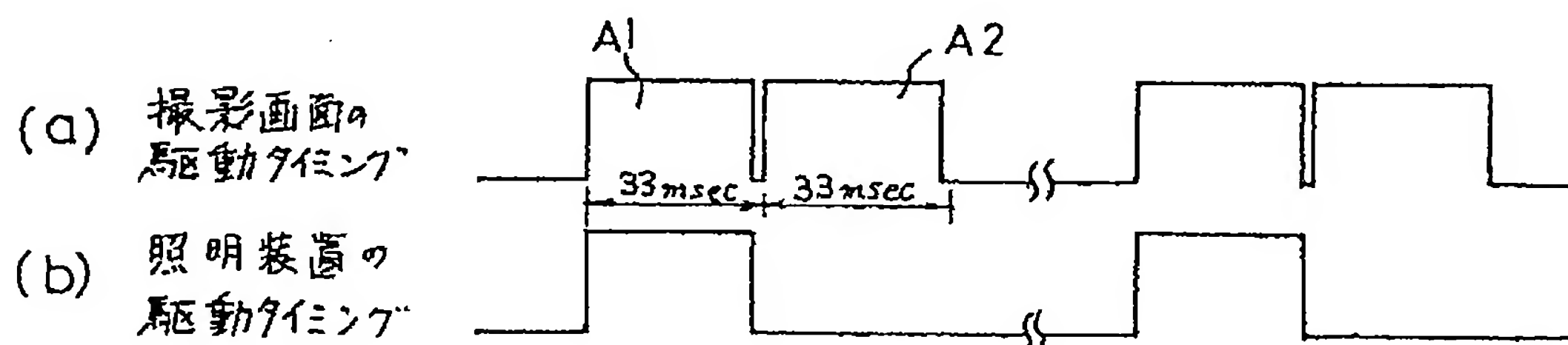
【第16図】



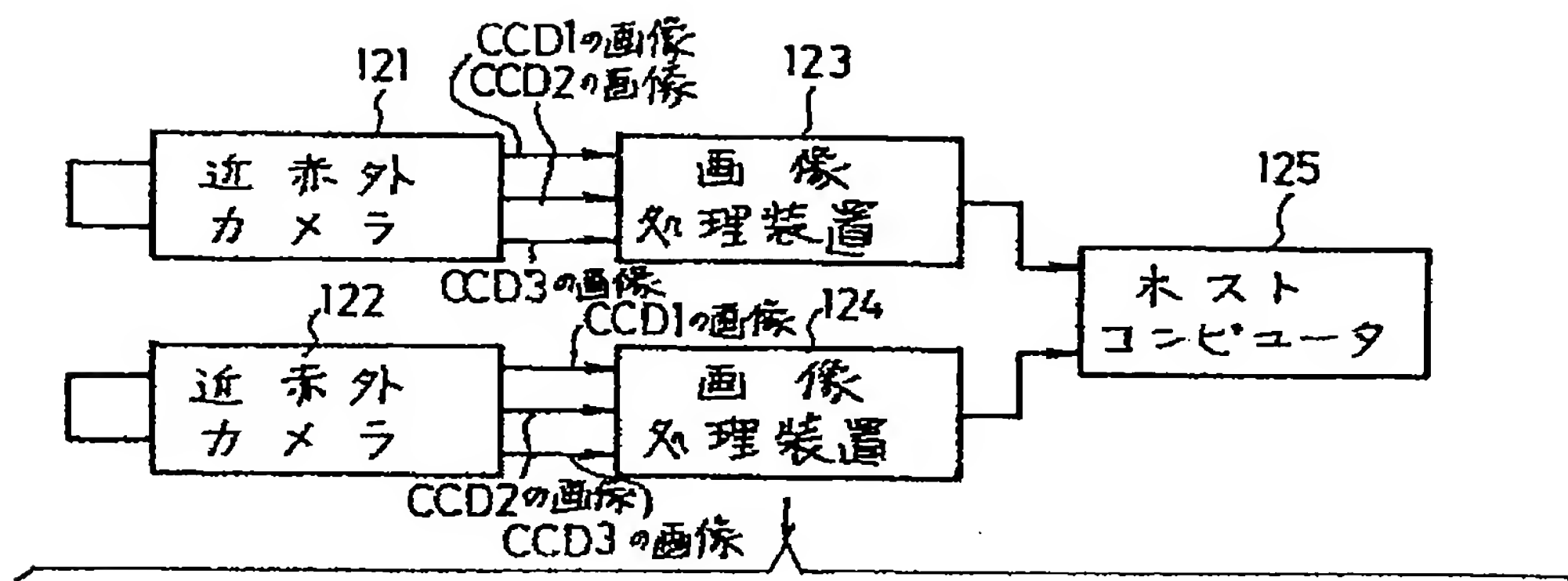
【第17図】



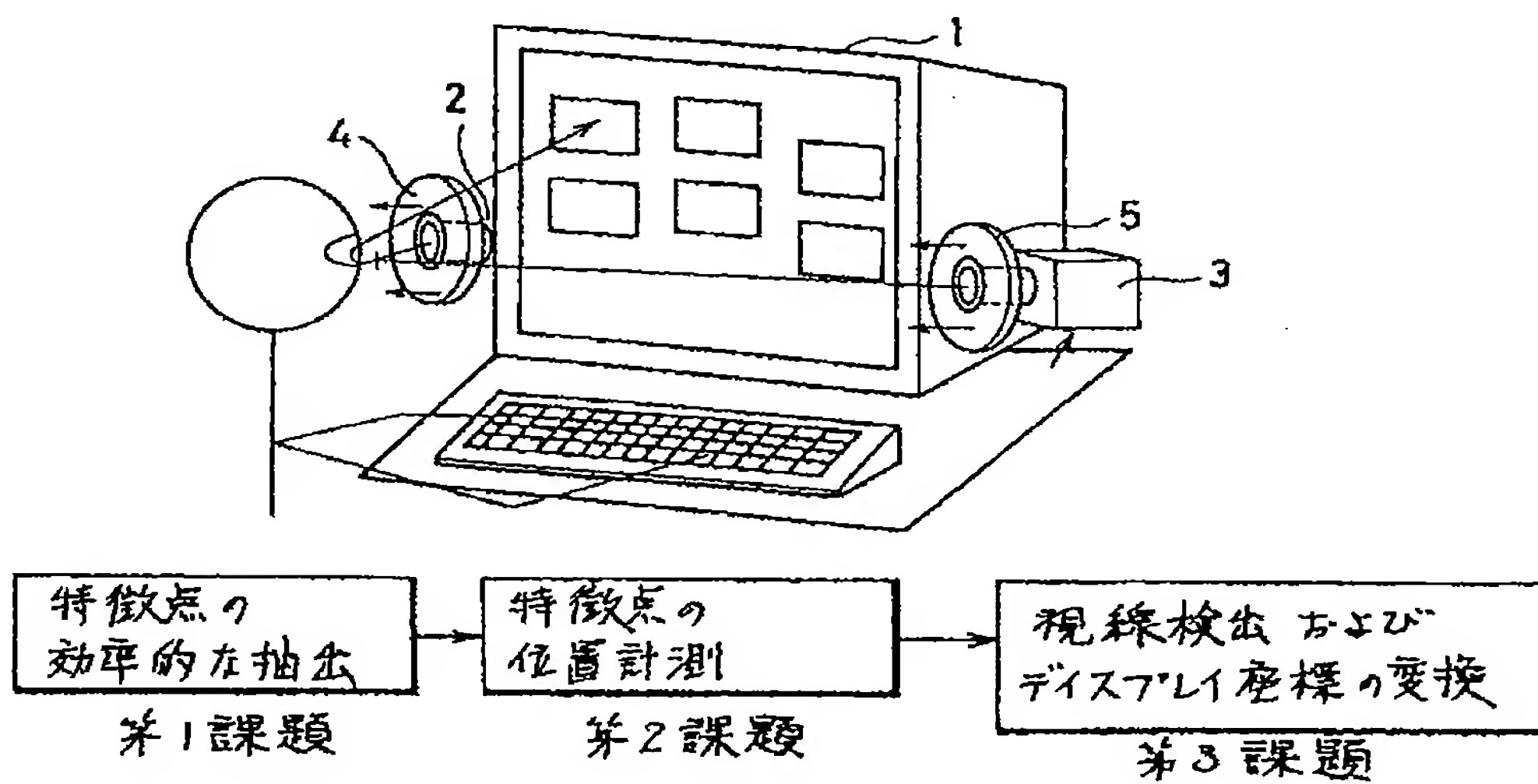
【第18図】



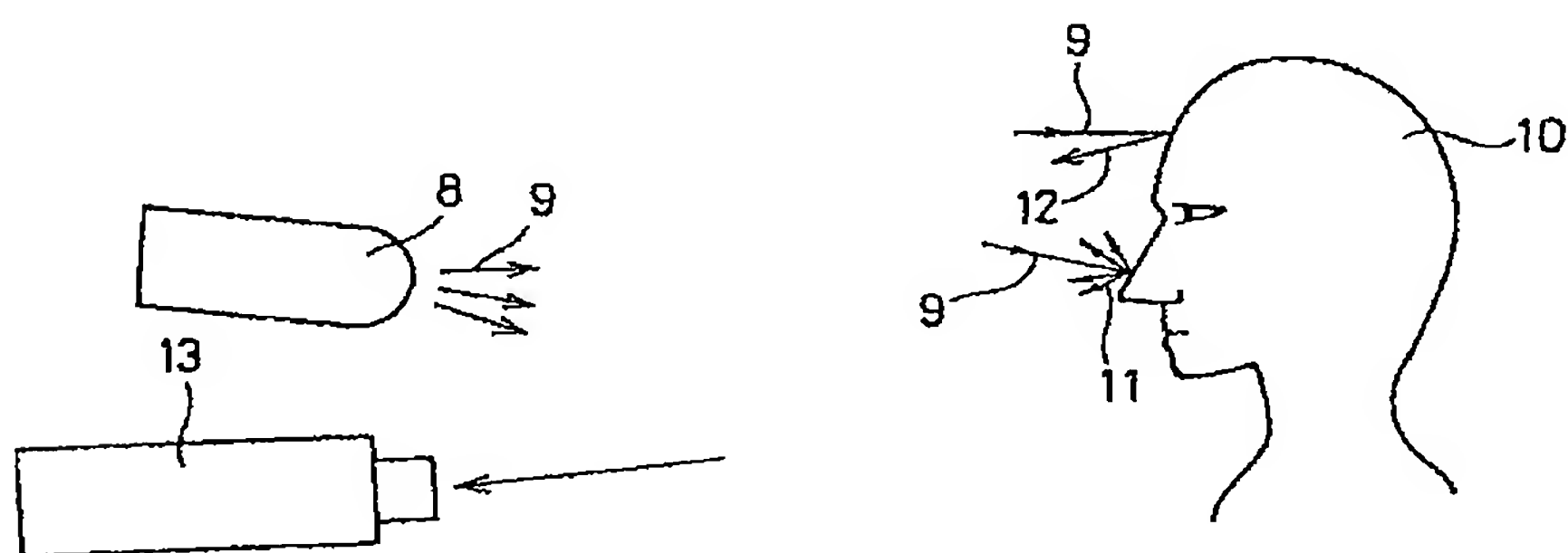
【第19A図】



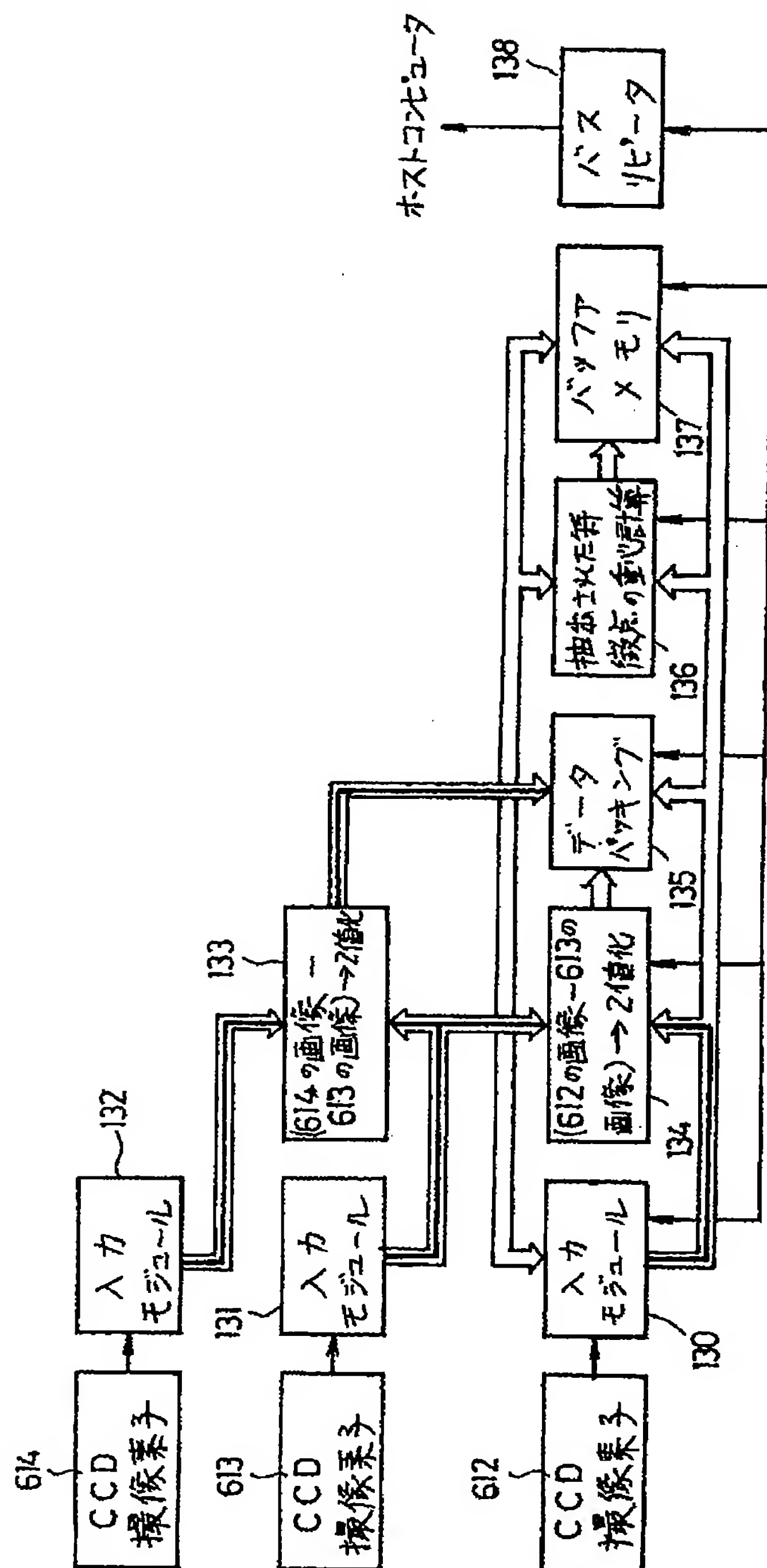
【第23図】



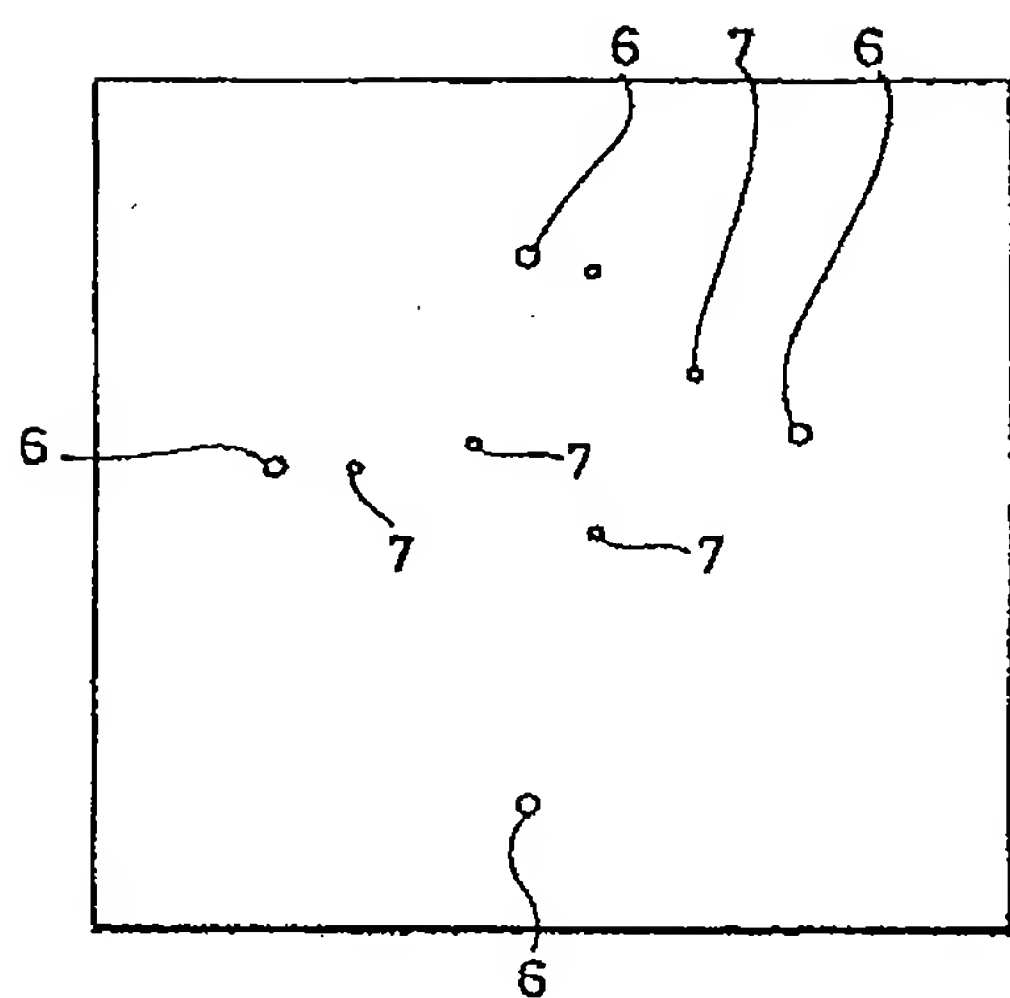
【第24図】



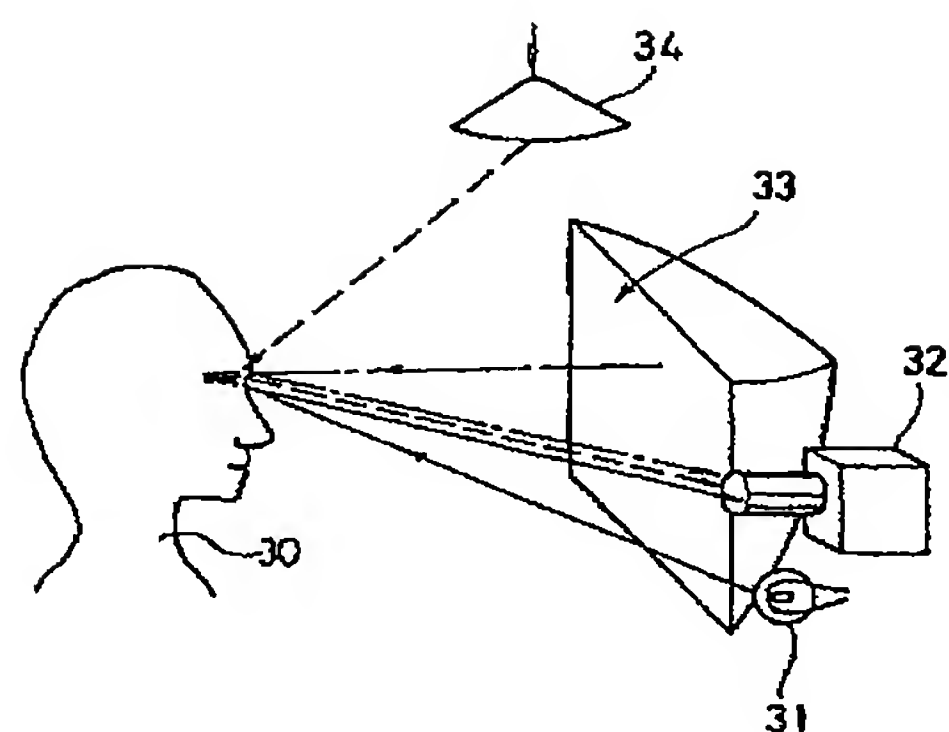
【第 19 B 図】



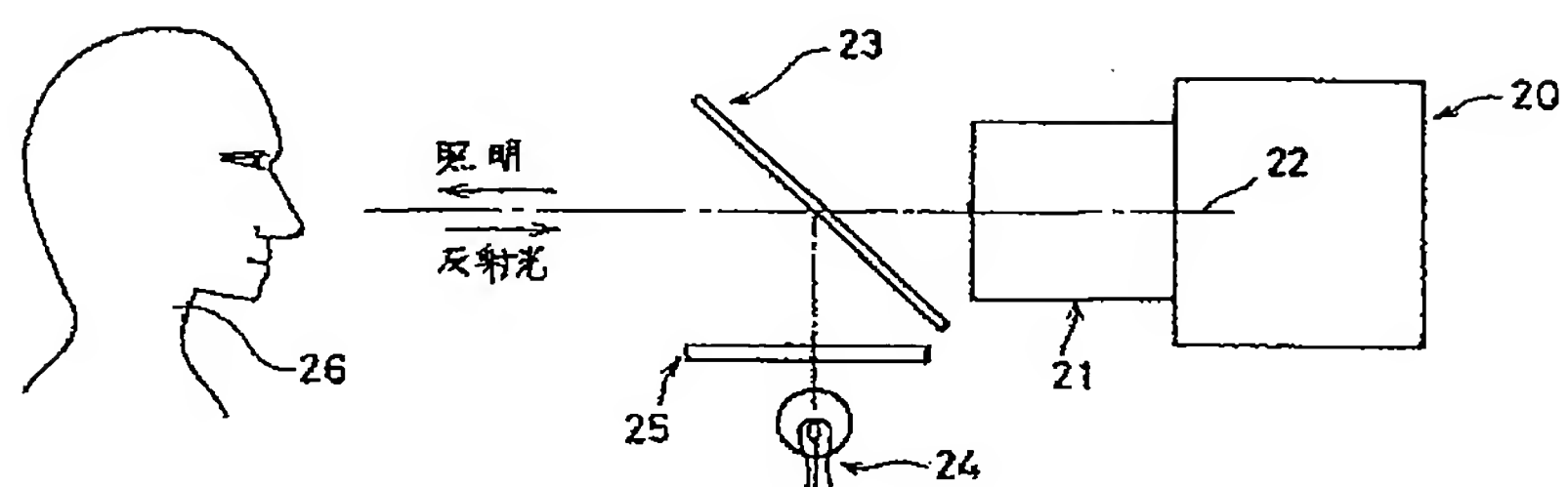
【第25B図】



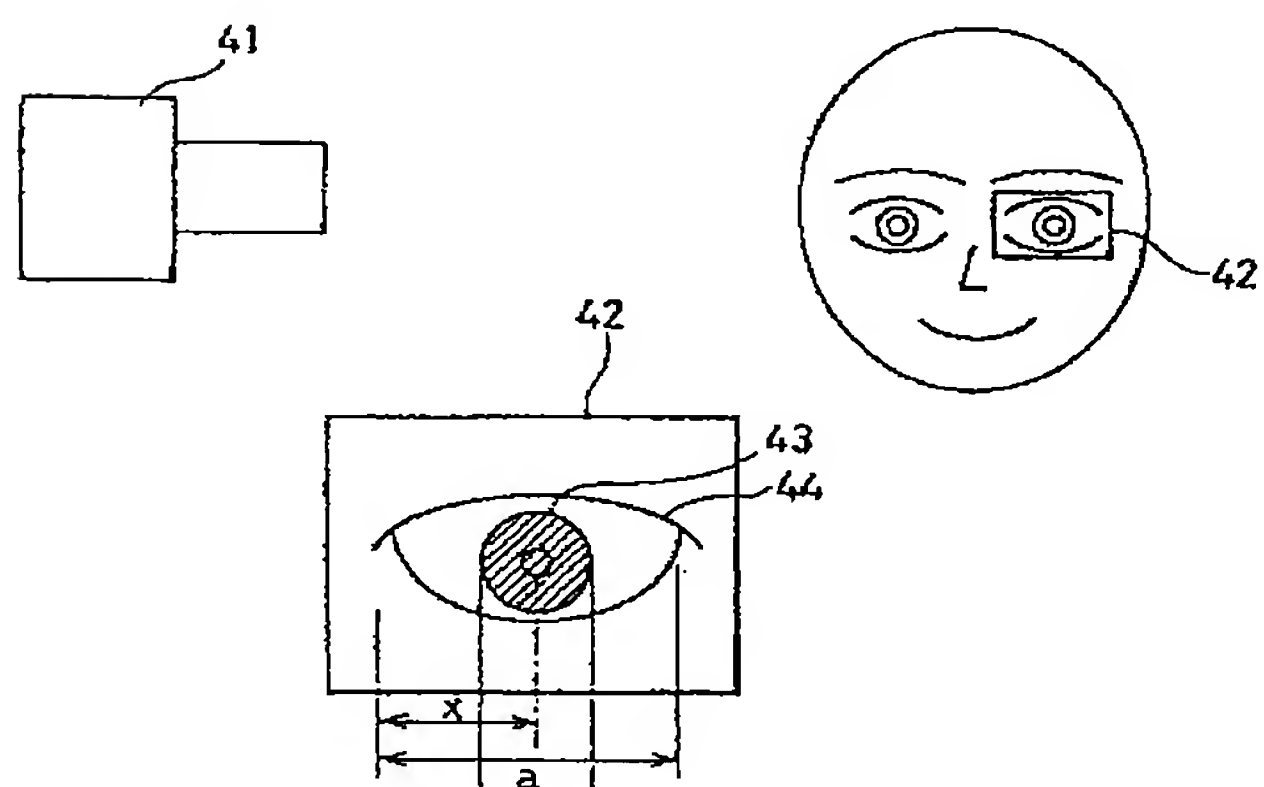
【第27図】



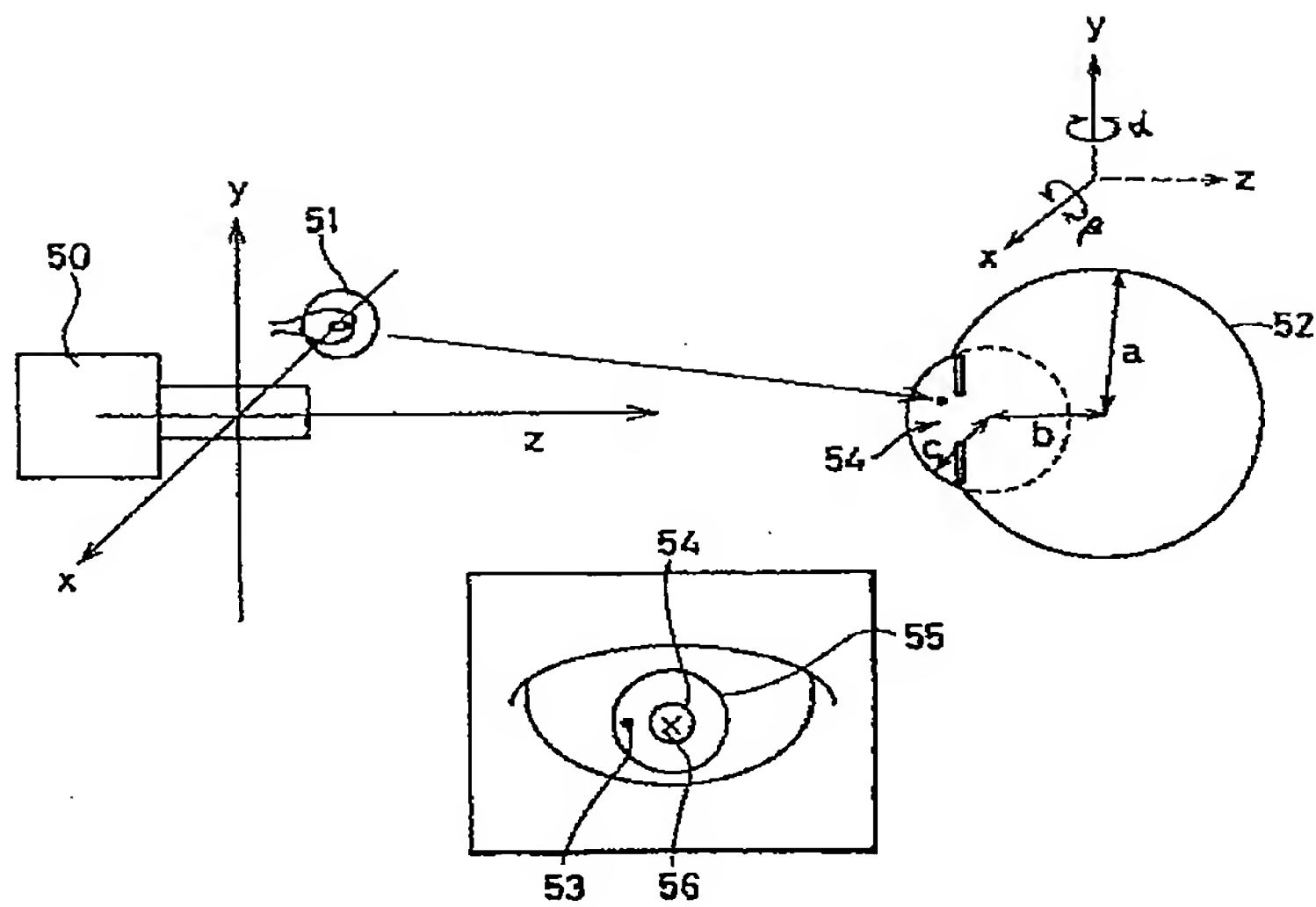
【第26図】



【第28図】



【第29図】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 6 1 B 3/10

B

(56) 参考文献 特開 昭62-149252 (J P, A)
 特開 昭60-197063 (J P, A)
 特開 昭58-114667 (J P, A)
 特開 昭61-268226 (J P, A)